

Adaptation des milieux de travail aux effets des changements climatiques

**Tome 2 – Mesures d’adaptation destinées aux
travailleurs du Québec les plus à risque vis-à-vis
de la hausse des épisodes de fortes chaleurs liée
aux changements climatiques**

Bouchra Bakhiyi
Ariane Adam-Poupart
Robert Bourbonnais
Marc-Antoine Busque
Joseph Zayed

**RAPPORTS
SCIENTIFIQUES**

R-1170-fr

NOS RECHERCHES travaillent pour vous !

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.

Mission

Dans l'esprit de la Loi sur la santé et la sécurité du travail (LSST) et de la Loi sur les accidents du travail et les maladies professionnelles (LATMP), la mission de l'IRSST est de :

Contribuer à la santé et à la sécurité des travailleuses et travailleurs par la recherche, l'expertise de ses laboratoires, ainsi que la diffusion et le transfert des connaissances, et ce, dans une perspective de prévention et de retour durables au 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 CNESST (preventionautravail.com)
- au bulletin électronique InfoIRSST

Dépôt légal

Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2022
ISBN 978-2-89797-246-2 (PDF)

© Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail, 2022

IRSST - Direction des communications, de la veille et de la mobilisation des connaissances
505, boul. De Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : 514 288-1551
publications@irsst.qc.ca
www.irsst.qc.ca

Adaptation des milieux de travail aux effets des changements climatiques

Tome 2 – Mesures d’adaptation destinées aux travailleurs du Québec les plus à risque vis-à-vis de la hausse des épisodes de fortes chaleurs liée aux changements climatiques

Bouchra Bakhiyi¹, Ariane Adam-Poupart^{1,3}, Robert Bourbonnais¹, Marc-Antoine Busque², Joseph Zayed¹

1 Département de santé environnementale et santé au travail, École de santé publique, Université de Montréal

2 Institut Robert Sauvé de recherche en santé et en sécurité du travail (IRSST)

3 Institut national de santé publique du Québec (INSPQ)

RAPPORTS
SCIENTIFIQUES

R-1170-fr



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.

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 tiennent à remercier tous les organismes, organisations et entreprises qui ont délégué des représentants pour participer au comité de suivi et aux deux ateliers d'échange et de réflexion organisés pour les besoins de cette recherche. Il s'agit de :

- l'Association des pompiers de Montréal (ADPM) ;
- l'Association des producteurs maraîchers du Québec (APMQ) ;
- l'Association paritaire pour la santé et la sécurité du travail, secteur « affaires municipales » (APSAM) ;
- l'Association paritaire pour la santé et la sécurité du travail, secteurs du transport et de l'entreposage (Via Prévention) ;
- l'Association paritaire pour la santé et la sécurité du travail du secteur de la construction (ASP Construction) ;
- la Centrale des syndicats du Québec ;
- la Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail (CNESST) ;
- la Confédération des syndicats nationaux (CSN) ;
- la Direction des politiques climatiques du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques ;
- Envirocompétences ;
- la Fraternité interprovinciale des ouvriers en électricité ;
- Rio Tinto Fer et Titane (RTFT) ;
- Service des incendies de la Ville de Québec ;
- l'Union des producteurs agricoles (UPA).

TABLE DES MATIÈRES

SOMMAIRE	VI
ACRONYMES, SIGLES ET ABRÉVIATIONS	IX
INTRODUCTION	1
1. ÉTAT DES CONNAISSANCES	2
1.1 Les outils de gestion du risque en ambiance chaude	2
1.1.1 Surveillance de la contrainte thermique	2
1.1.2 Surveillance de l'astreinte thermique	11
1.2 Les mesures de contrôle de la contrainte thermique	16
2. OBJECTIFS DE RECHERCHE	23
3. MÉTHODOLOGIE	24
3.1 Recension des mesures d'adaptation pour les professions très à risque vis-à-vis de la hausse des épisodes de fortes chaleurs	24
3.1.1 Sources documentaires	24
3.1.2 Stratégie de recherche dans les bases de données bibliographiques.....	24
3.1.3 Stratégie de recherche dans la littérature grise.....	30
3.1.4 Stratégie utilisée pour la synthèse des données.....	31
3.2 Premier atelier d'échange : discussion des mesures d'adaptation recensées dans la littérature	32
3.3 Élaboration de nouvelles mesures d'adaptation	34
3.4 Deuxième atelier d'échange : discussion de nouvelles mesures d'adaptation élaborées par le groupe de recherche	34
4. RÉSULTATS ET DISCUSSION	36
4.1 Résultats de la revue de la littérature	36
4.1.1 Résultat du processus de sélection des publications pertinentes.....	36
4.1.2 Portrait des publications incluses.....	36
4.1.3 Synthèse descriptive des résultats	45
4.2 Faits saillants du premier atelier d'échange	105
4.3 Élaboration de nouvelles mesures d'adaptation	108
4.4 Faits saillants du deuxième atelier d'échange.....	118
CONCLUSION	120
BIBLIOGRAPHIE	122

ANNEXE A - ÉQUATIONS DE RECHERCHE	142
A.I ÉQUATIONS DE RECHERCHE UTILISÉES POUR INTERROGER LES DIFFÉRENTES BASES DE DONNÉES BIBLIOGRAPHIQUES	142
A.I.I ÉQUATIONS DE RECHERCHE UTILISÉES DANS LE MOTEUR DE RECHERCHE GOOGLE SCHOLAR	148
ANNEXE B	149
B.I NOMBRE DE RÉFÉRENCES IDENTIFIÉES DANS LES DIFFÉRENTES BASES DE DONNÉES BIBLIOGRAPHIQUES	149

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.	Définitions et portées de quelques indices de contrainte thermique	3
Tableau 2.	Méthodes de surveillance de l'astreinte thermique.....	13
Tableau 3.	Mesures d'ingénierie, administratives et de protection personnelle qui visent à contrôler la contrainte thermique.....	19
Tableau 4.	Sources documentaires consultées pour la revue de la littérature.....	25
Tableau 5.	Exemples de mots-clés utilisés pour interroger les bases de données bibliographiques.....	27
Tableau 6.	Exemple d'équation de recherche.....	28
Tableau 7.	Critères de sélection utilisés pour évaluer les publications scientifiques	29
Tableau 8.	Professions très à risque vis-à-vis du danger A pour lesquelles des mesures d'adaptation ont été recensées, taille de leur effectif et nombre de publications incluses les concernant	38
Tableau 9.	Professions les plus à risque pour le danger A pour lesquelles aucune mesure d'adaptation n'a été recensée et taille de leur effectif	40
Tableau 10.	Mesures d'adaptation recensées pour les techniciens/techniciennes et spécialistes de l'aménagement paysager et de l'horticulture [2225], les entrepreneurs/entrepreneuses et superviseurs/superviseuses des services de l'aménagement paysager, de l'entretien des terrains et de l'horticulture [8255] et les manœuvres en aménagement paysager et en entretien des terrains [8612].....	47
Tableau 11.	Mesures d'adaptation recensées pour les pompiers/pompières [4312]	50
Tableau 12.	Mesures d'adaptation recensées pour les cuisiniers/cuisinières [6322].....	59
Tableau 13.	Mesures d'adaptation recensées pour le personnel de blanchisseries et d'établissements de nettoyage à sec et personnel assimilé [6741]	61
Tableau 14.	Mesures d'adaptation recensées pour les monteurs/monteuses de lignes électriques et de câbles [7244] et autres manœuvres et aides de soutien de métiers [7612].....	62
Tableau 15.	Mesures d'adaptation recensées pour les charpentiers-menuisiers/charpentières-menuisières [7271]	64
Tableau 16.	Mesures d'adaptation recensées pour les briqueteurs-maçons/briqueteuses-maçonnnes [7281].....	64
Tableau 17.	Mesures d'adaptation recensées pour le personnel d'entretien des canalisations d'eau et de gaz [7442]	65

Tableau 18.	Mesures d'adaptation recensées pour les conducteurs/conductrices de camions de transport [7511] et conducteurs/conductrices d'équipement lourd (sauf les grues) [7521]	66
Tableau 19.	Mesures d'adaptation recensées pour les aides de soutien des métiers et manœuvres en construction [7611].....	67
Tableau 20.	Mesures d'adaptation recensées pour les manœuvres à l'entretien des travaux publics [7621]	77
Tableau 21.	Mesures d'adaptation recensées pour les conducteurs/conductrices de machines d'abattage d'arbres [8241], ouvriers/ouvrières en sylviculture et en exploitation forestière [8422] et manœuvres de l'exploitation forestière [8616].....	79
Tableau 22.	Mesures d'adaptation recensées pour les opérateurs/opératrices de scies à chaîne et d'engins de débardage [8421]	81
Tableau 23.	Mesures d'adaptation recensées pour les ouvriers/ouvrières agricoles [8431] et les manœuvres à la récolte [8611]	82
Tableau 24.	Mesures d'adaptation recensées pour les ouvriers/ouvrières de pépinières et de serres [8432]	93
Tableau 25.	Mesures d'adaptation recensées pour les ouvriers/ouvrières de fonderies [9412] et les manœuvres dans le traitement des métaux et des minerais [9611].....	93
Tableau 26.	Mesures d'adaptation recensées pour les travailleurs du secteur de la construction en général.....	96
Tableau 27.	Mesures d'adaptation applicables par association à la majorité des 26 professions qui n'en ont pas bénéficié à travers la revue de la littérature.....	110

LISTE DES FIGURES

Figure 1.	Charte des couleurs pour l'autoévaluation des urines en milieu de travail.....	12
Figure 2.	Illustration du processus de recherche et de sélection des publications pertinentes.	37

SOMMAIRE

Le présent document correspond au tome 2 du rapport de la recherche intitulé « [Adaptation des milieux de travail aux effets des changements climatiques](#) ». Il présente le 2^e volet de cette recherche dont l'objectif était de coconstruire des mesures d'adaptation destinées à protéger la santé des travailleurs des 50 professions du Québec les plus à risque vis-à-vis de la hausse des épisodes de fortes chaleurs liée aux Changements climatiques (CC) (désigné par danger A), et ce, en collaboration avec des acteurs clés du secteur de la santé et de la sécurité du travail.

Une revue de la littérature scientifique et grise, couvrant la période 1980-2020, a été menée en premier lieu pour recenser les mesures d'adaptation existantes ou recommandées (aux échelles tant internationale, nationale que provinciale) pour les 50 professions ciblées et visant à prévenir les risques associés au danger A, lequel est susceptible d'augmenter les niveaux de contrainte thermique due à la chaleur en milieu de travail. En deuxième lieu, la pertinence et le réalisme de la mise en œuvre, au Québec, de ces mesures ont été évalués lors d'un premier atelier d'échange réunissant les membres du groupe de recherche et des représentants de diverses parties prenantes impliquées en santé et sécurité des milieux de travail concernés. Dans un troisième temps, de nouvelles mesures d'adaptation ont été élaborées pour les professions pour lesquelles aucune n'avait été recensée à travers la littérature, et cela, en s'appuyant sur une approche par association développée par le groupe de recherche. La démarche consistait à évaluer les possibilités de leur appliquer l'intégralité ou une partie des mesures identifiées pour d'autres professions. Cette approche a également été utilisée pour compléter, au besoin, les mesures qui avaient été déjà documentées pour certaines professions. En dernier lieu, un deuxième atelier d'échange, réunissant les mêmes acteurs, a été l'occasion de discuter du bien-fondé des mesures nouvellement élaborées et de vérifier si des mesures additionnelles étaient requises.

La recherche documentaire a permis d'identifier des mesures d'adaptation pouvant être appliquées à 24 des 50 professions très à risque pour le danger A. Les mesures recensées ont été classées en quatre catégories selon leur finalité. La première porte sur la surveillance de la contrainte thermique due à la chaleur ou celle de l'astreinte thermique (ou réponse physiologique) qui en découle. Cette surveillance permet de gérer optimalement les trois autres catégories de mesures qui visent à contrôler la contrainte thermique. Pour pratiquement l'ensemble des 24 professions, les mesures documentées concernaient trois à quatre catégories distinctes.

Les stratégies de surveillance de la contrainte thermique, telles que documentées, sont essentiellement basées sur la mesure d'un ou de plusieurs indices de portées et d'applicabilités diverses selon les conditions de travail, dont le *WBGT* (indice de température au thermomètre-globe mouillé), la température de l'air corrigée, l'indice de chaleur, le *TWL* (indice de limite de travail thermique) ou encore le modèle *PHS* (indice d'astreinte thermique prévisible), dans les situations d'ambiance excessivement chaude. La surveillance de l'astreinte thermique implique principalement la mesure en continu d'un

ou de plusieurs indicateurs, dont la fréquence cardiaque, la température corporelle et la perte hydrique. Cette mesure se justifie par les variations individuelles de la réponse physiologique.

Le contrôle de la contrainte thermique fait appel à des mesures d'ingénierie, administratives et de protection personnelle. Celles-ci sont souvent combinées pour une protection renforcée de la santé des travailleurs. La réalisation de chacune de ces mesures requiert la mise en œuvre conjointe d'actions diverses afin d'améliorer la prévention des risques associés à la chaleur. Les mesures d'ingénierie tendent à réduire, par exemple, la charge de travail ou la température de l'air (p. ex., mécanisation des tâches, usage de ventilateurs électriques) tandis que les mesures administratives, à visée collective, sont plus centrées sur les pratiques de travail. Elles combinent, entre autres, la formation/sensibilisation aux risques liés à la chaleur, des programmes d'acclimatation, des protocoles d'hydratation, une réorganisation du travail (p. ex., des alternances travail/repos mieux planifiées), l'aménagement d'abris et la surveillance de la santé des travailleurs, dont le dépistage de l'intolérance à la chaleur. Les mesures de protection personnelle sont axées sur des actions individuelles, comme un habillement léger en tissu adapté ou le port d'une veste de refroidissement.

La pertinence des mesures d'adaptation recensées dans la littérature a été largement appuyée lors du premier atelier d'échange bien que des obstacles d'applicabilité, particulièrement pour celles destinées à la protection personnelle, aient été soulevés, dont la limitation organisationnelle, les coûts prohibitifs et une culture de travail plutôt réfractaire au changement. Les trois mesures administratives phares de mise en pratique moins contraignantes incluent des programmes de formations/sensibilisations des travailleurs aux risques liés à la contrainte thermique, une meilleure planification des alternances travail/repos et un protocole renforcé d'hydratation pour compenser les pertes d'eau.

Subséquentement, les nouvelles mesures d'adaptation, élaborées grâce à l'approche par association pour la majorité des 26 professions qui n'en avaient pas bénéficié à travers la revue de la littérature, ont été accueillies favorablement lors du deuxième atelier. Il en a été de même pour les mesures suggérées pour compléter celles déjà recensées pour certaines professions. Bien que le gain manifeste de l'ensemble des mesures proposées pour préserver la santé des travailleurs ait été souligné, la complexité de leur application pratique a néanmoins été remise à l'avant-scène par les représentants de parties prenantes.

Le caractère multidisciplinaire des ateliers et l'implication des parties prenantes québécoises dans le domaine de la santé et de la sécurité du travail a privilégié une démarche de coconstruction afin de rehausser la pertinence et le réalisme de nombreuses mesures d'adaptation proposées et de soutenir de saines conditions de santé au travail dans un contexte de hausse des épisodes de fortes chaleurs liée aux CC. Malgré les difficultés d'applicabilité de certaines de ces mesures, les milieux de travail pourraient certainement innover en déployant des scénarios qui permettraient leur implantation et

leur mise à profit. Cette recherche pourrait également contribuer au développement d'un guide destiné aux employeurs et aux travailleurs pour une application effective des mesures d'adaptation aux retombées jugées importantes.

ACRONYMES, SIGLES ET ABRÉVIATIONS

Acronyme	Définition
ACGIH®	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
Bpm	battements par minute
CC	Changements climatiques
CCHST	Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail
CNESST	Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail
CNP	Classification nationale des professions
°C	Degré Celsius
F	Degré Fahrenheit
ESI	Environmental stress index
EPCT	Extrapolations cardiaques thermiques
ÉPI	Équipement de protection individuel
FC	Fréquence cardiaque
g/kg	Gramme par kilogramme
h	heure
HR	Humidité relative
ISO	International Organization for Standardization
kcal/h	Kilocalorie par heure
mg	milligramme
l/h	Litre par heure
min	Minute
ml	Millilitre
ml/h	Millilitre par heure
NIOSH	National Institute of Occupational Safety and Health
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
PeSI	Perceptual strain index
PHS	Predicated heat strain
PSI	Physiological Strain Index
RSST	Règlement sur la santé et la sécurité du travail

INTRODUCTION

La recherche sur l'adaptation des milieux de travail aux effets des changements climatiques (CC) a été réalisée en deux volets :

- le premier volet avait pour objectif l'identification des travailleurs du Québec les plus à risque vis-à-vis des dangers prioritaires liés aux CC ;
- le deuxième volet a visé la coconstruction, avec des représentants de diverses parties prenantes du secteur de la santé et sécurité du travail, des mesures d'adaptation pour les travailleurs des 50 professions présentant un niveau de risque très élevé vis-à-vis de la hausse des épisodes de fortes chaleurs, danger prioritaire lié aux CC retenu pour la suite des travaux.

Compte tenu de l'ampleur des travaux réalisés et de la somme d'informations et de résultats produits, le groupe de recherche a jugé bon de scinder le rapport en deux tomes (1 et 2) pour présenter le premier volet ([tome 1](#)) et le deuxième volet (tome 2) de cette recherche. Le présent document correspond au tome 2.

La hausse des épisodes de fortes chaleurs (incluant les chaleurs accablantes, les vagues de chaleur et les îlots de chaleur urbains) a été désignée par danger A dans le 1^{er} volet de cette recherche (tome 1). Ce dernier est susceptible d'augmenter les niveaux de contrainte thermique due à la chaleur en milieu de travail et d'occasionner une astreinte thermique plus élevée et de plus grands risques pour la santé des travailleurs (Holmer, 2010 ; Dessureault, Oupin et Bourassa, 2014 ; Gao, Kuklane, Östergren et Kjellstrom, 2018). La contrainte thermique correspond à l'accumulation de chaleur par l'organisme à laquelle contribuent conjointement l'environnement thermique, la charge de travail, l'habillement et le temps d'exposition (Tellier, 2005 ; Jacklitsch *et al.*, 2016 ; Gao *et al.*, 2018). L'astreinte thermique est la réponse physiologique à la contrainte thermique dans le but de maintenir une température interne optimale de $37\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$. Une augmentation du niveau de contrainte thermique pourrait entraîner une astreinte thermique plus élevée aboutissant à un déséquilibre thermique susceptible d'engendrer des effets néfastes pour la santé des travailleurs (Fortin *et al.*, 2008 ; Dessureault et Tellier, 2008 ; Jacklitsch *et al.*, 2016 ; Robert *et al.*, 2019).

Ces deux paramètres revêtent un caractère important, car les mesures d'adaptation, objets de ce tome 2, sont destinées à prévenir les risques inhérents au danger A et de ce fait à préserver la santé et l'intégrité des travailleurs dans des conditions de contrainte et d'astreinte thermiques plus élevées associées à la hausse des épisodes de fortes chaleurs liées aux CC. Dans le présent document, le terme « contrainte thermique » désigne celle due à la chaleur.

1. ÉTAT DES CONNAISSANCES

La protection de la santé des travailleurs en ambiance chaude fait appel à un ensemble de mesures qui visent ultimement à prévenir les risques de troubles associés à la chaleur. La première de ces mesures implique une évaluation adéquate de l'environnement thermique à laquelle ces travailleurs sont exposés de manière à anticiper les effets négatifs potentiels sur leur santé. Dans un contexte de hausse des épisodes de fortes chaleurs liée aux CC, cette évaluation revêt toute son importance, car elle permet de prédire si l'ambiance chaude pourrait résulter en un niveau de risque inacceptable qui pourrait occasionner des maladies en lien avec la chaleur (Holmer, 2010 ; Jacklitsch *et al.*, 2016 ; Gao *et al.*, 2018). Cette surveillance devient alors un véritable outil de gestion du risque en ambiance chaude en orientant la mise en place et l'organisation de mesures de contrôle dont l'objectif est de réduire la contrainte thermique. Ces mesures sont de trois natures selon leurs finalités : les mesures d'ingénierie, les mesures administratives et celles de protection personnelle (Holmer, 2010 ; Rowlinson, YunyanJia, Li et ChuanjingJu, 2014 ; Jacklitsch *et al.*, 2016 ; Gao *et al.*, 2018). Cette section présente les différentes stratégies de surveillance de la contrainte et de l'astreinte thermique, de même que les diverses actions relatives à l'application des mesures de contrôle.

À noter que le Règlement sur la santé et la sécurité du travail (RSST) définit la contrainte thermique comme étant « *tout déséquilibre thermique chez le travailleur causé par un travail en ambiance chaude* » (Règlement sur la santé et la sécurité du travail, 2021). Dans ce présent document, ce terme désigne la chaleur totale accumulée par l'organisme résultant de l'environnement thermique, de la charge de travail, de l'habillement du travailleur et de la durée de son exposition.

1.1 Les outils de gestion du risque en ambiance chaude

1.1.1 Surveillance de la contrainte thermique

Plus d'une centaine d'indices ont été développés pour évaluer l'intensité de la contrainte thermique à laquelle sont exposés les travailleurs. L'objectif est de pouvoir prédire l'astreinte thermique qui en découle. Ces indices diffèrent par leurs portées et leurs applicabilités qui relèvent des conditions de travail, par exemple en matière d'exigences physiques et de type d'habillement revêtu par les travailleurs (Epstein et Moran, 2006 ; Havenith et Fiala, 2016 ; Jacklitsch *et al.*, 2016 ; Gao *et al.*, 2018). Le tableau 1 présente quelques indices de contrainte thermique, incluant l'indice de température au thermomètre-globe mouillé ou WBGT (*Wet Bulb Globe Temperature*) et ceux proposés comme alternative au WBGT, dont l'indice de chaleur (*Heat Index*) principalement aux États-Unis, la température de l'air corrigé (TAC) au Québec et l'indice humidex, utilisé ailleurs au Canada.

Tableau 1. Définitions et portées de quelques indices de contrainte thermique

Indices	Paramètres	Définitions et portées
<p>Indice de température au thermomètre-globe mouillé ou WBGT</p> <p><i>(Wet Bulb Globe Temperature)</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Température au thermomètre mouillé ou à boule humide naturelle (« <i>Wet Bulb</i> » ou WB, indicateur d'humidité) • Température au thermomètre à boule sèche (« <i>Dry Bulb</i> » ou DB, température normale de l'air) • Température au thermomètre à globe noir (« <i>Globe Temperature</i> », reflétant la radiation solaire) • <i>Formules mathématiques utilisées :</i> <p>À l'extérieur, ensoleillement</p> $WBGT = 0,7WB + 0,2GT + 0,1DB$ <p>À l'ombre, intérieur et extérieur</p> $WBGT = 0,7WB + 0,3 GT$ <ul style="list-style-type: none"> • Indice exprimé en degré Celsius ou en degré Fahrenheit 	<ul style="list-style-type: none"> • Évaluation de la température effective corrigée et de son effet sur les travailleurs au cours d'une journée de travail (8 heures avec pauses conventionnelles) et qui tient compte de la température, de l'humidité et du rayonnement solaire. En d'autres termes, l'indice WBGT permet de définir la capacité d'une personne à travailler dans une ambiance chaude sur une durée de 8 heures. • Indice empirique basé sur la simulation de la réponse physiologique et destiné à éviter que la température interne n'augmente de plus de 1 °C. • Indice standardisé dont l'évaluation est décrite par la norme ISO 7243 (International Organization for Standardization) [<i>Ergonomie des ambiances thermiques — Estimation de la contrainte thermique basée sur l'indice WBGT (température humide et de globe noir)</i>]. • Détermination des valeurs d'exposition admissibles (VEA) d'après le Règlement sur la santé et la sécurité du travail (RSST) du Québec et selon l'<i>American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH - Threshold Limit Values/TLVs®)</i>1, en se basant sur une estimation du métabolisme de travail et sur l'hypothèse d'une exposition continue durant tout le quart de travail. • Outil de dépistage largement utilisé à travers le monde qui évalue la présence ou l'absence d'une contrainte thermique en ambiance chaude susceptible d'être à risque (selon la norme ISO 7243 et l'ACGIH).
<p>Indice d'astreinte thermique prévisible ou PHS</p> <p><i>(Predicted Heat Strain)</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Température du globe noir (radiation solaire) • Température au thermomètre à boule sèche (température normale de l'air) • Vitesse de l'air • Humidité relative • Métabolisme énergétique de travail (estimation) • Caractéristiques du vêtement porté par le travailleur (isolement 	<ul style="list-style-type: none"> • Indice rationnel basé sur des calculs informatiques qui intègrent l'équation de l'équilibre thermique (ou bilan thermique) selon un modèle algorithmique encadré par la norme ISO 7933 : 2018 [<i>Ergonomie des ambiances thermiques – Détermination analytique et interprétation de la contrainte thermique fondée sur le calcul de l'astreinte thermique prévisible</i>]. • Outil d'analyse de la contrainte thermique dans les conditions d'ambiance « excessivement chaude », définie par Dessureault <i>et al.</i> (2014) comme celles situées au-delà des limites prescrites par l'indice WBGT (soit 32 °C-WBGT)². • Modèle basé à la fois sur une approche thermodynamique et sur la physiologie. Il est de ce fait considéré plus fiable et plus précis comparativement à l'indice WBGT pour caractériser la sévérité du

Indices	Paramètres	Définitions et portées
(également désigné par « indice de sudation requise »)	<p>thermique et résistance à l'évaporation)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Modèle prédisant ultimement la durée limite d'exposition à la chaleur (DLE), exprimée en minutes 	<p>déséquilibre thermique. Les calculs algorithmiques du PHS englobent l'évaluation des paramètres de l'ambiance thermique chaude (température, vitesse et humidité de l'air, température du globe noir), l'appréciation du métabolisme et les caractéristiques du vêtement, dont l'isolement vestimentaire.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ces calculs permettent d'établir le bilan thermique complet en tenant compte des échanges thermiques au cours desquelles le type de vêtements joue un rôle déterminant, et ce à la condition que les travailleurs soient dotés d'une bonne condition physique, bien hydratés et ne portent pas de combinaison épaisse et étanche, hautement isolante ou imperméable (p. ex., tenues de pompiers)³. Le PHS est un modèle inédit de prédiction de l'évolution temporelle du débit sudoral (ou perte hydrique) et de la température interne de l'organisme, que l'exposition soit continue ou changeante dans le temps, tout en considérant les conditions environnementales et l'historique d'exposition antérieure des travailleurs. • Calcul de la durée limite d'exposition à la chaleur (DLE)⁴ sur la base de deux limites d'astreinte thermique : température rectale de 38 °C et perte hydrique de 5 % de la masse corporelle ou 3 % lorsque le travailleur n'a pas accès à l'eau. La DLE est calculée en se basant sur le débit sudoral et la température corporelle prédits pour que 95 % des travailleurs ne présentent pas de risque de déshydratation ou pour que la température centrale du sujet moyen standard n'atteigne pas la limite sécuritaire de 38 °C (le programme ISO 7933 considère que la température corporelle initiale est de 36,8 °C). La DLE est jugée plus adéquate à protéger les travailleurs à risque. • Donne le temps aux gestionnaires d'élaborer à l'avance des mesures d'adaptation appropriées et d'optimiser la prise en charge de la contrainte thermique en déterminant sur quel paramètre (ou quels paramètres) agir afin de limiter le risque d'astreinte thermique élevée. Les décisions peuvent être orientées vers : <ul style="list-style-type: none"> • une meilleure organisation du travail (en alternant phase de travail et courtes périodes de repos), ou • la distribution de boissons pour une compensation précoce des pertes hydriques (le modèle PHS fournit une recommandation quant au rythme à respecter pour la prise d'eau ainsi qu'une suggestion de volume, p. ex., « boire 200 ml toutes les 10 minutes », pour ne pas dépasser une température centrale de 38 °C).

Indices	Paramètres	Définitions et portées
<p>Indice de limite de travail thermique ou TWL</p> <p><i>(Thermal Work Limit)</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Température au thermomètre mouillé (indicateur d'humidité) ○ Température au thermomètre à boule sèche (température normale de l'air) ○ Température au thermomètre à globe noir (radiation solaire) ○ Vitesse de l'air ○ Pression atmosphérique ○ Caractéristique du vêtement porté par le travail (isolement thermique et résistance à la perméation ou à la pénétration d'un produit chimique sous forme liquide, vapeur ou gaz, à travers le vêtement de protection) ● Indice exprimé en Watt par mètre carré (W/m^2) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Indice rationnel exploitant des formules mathématiques algorithmiques qui intègrent les exigences de l'équilibre thermique. Développé par Brake et Bates (2002), il permet d'éviter de se baser sur une estimation du métabolisme de travail jugé difficile et emprunte d'erreurs considérables selon ces auteurs. ● Application dans les environnements de travail extérieurs ou intérieurs avec contrainte thermique élevée. ● Approprié pour les travailleurs bien hydratés capables d'ajuster leur propre rythme selon les conditions environnementales (autogestion du rythme de travail)⁵. ● Permet de prédire la limite de charge de travail (ou métabolisme de travail sécuritaire) que peut maintenir durablement un travailleur afin de demeurer dans les seuils physiologiques acceptables (température interne < 38 °C, débit sudoral inférieur à 1,2 kg/h) selon les conditions environnementales, l'habillement et le niveau d'acclimatation⁶. ● Indice considéré comme moins conservateur que le WBGT, mais à valeur réglementaire en Australie (secteur des mines souterraines) et au Moyen-Orient (secteur de la construction).
<p>Indice de chaleur ou HI</p> <p><i>(Heat Index)</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Humidité relative ● Température normale de l'air ● Indice exprimé en degré Celsius ou en degré Fahrenheit 	<ul style="list-style-type: none"> ● Indice développé aux États-Unis et basé sur un calcul algorithmique qui combine la température et l'humidité de l'air, toutes les deux mesurées à l'ombre, afin d'obtenir une température ajustée telle que ressentie. Plus l'indice de chaleur est élevé et plus la température éprouvée est importante, car la sueur ne s'évapore pas facilement et ne refroidit donc pas la peau. ● Support des émissions d'alerte chaleur par le service météorologique des États-Unis (National Weather Service ou NWS)⁷. ● Outil de dépistage des situations de contrainte thermique dans certains milieux de travail pour lesquels l'application de l'indice WBGT pourrait s'avérer difficile, par exemple en agriculture en raison des surfaces dispersées et, dans la plupart des cas, de thermomètres stationnaires indisponibles
<p>Température de l'air corrigée (TAC)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Humidité ● Température normale de l'air ● Ensoleillement (p. ex., exposition directe au soleil, ciel nuageux, intérieur) ● Caractéristiques du vêtement porté par le travailleur (deux choix 	<ul style="list-style-type: none"> ● Méthode simple d'estimation de la contrainte thermique appliquée au Québec pour les travailleurs suffisamment acclimatés. Elle s'appuie sur une analogie avec l'indice WBGT et pour lequel elle est considérée comme une solution alternative. ● Ajustement de la température de l'air mesurée à l'ombre (ou, à défaut, celle qui est fournie par les données météorologiques de la région) selon l'humidité de l'air, l'ensoleillement et l'habillement⁸.

Indices	Paramètres	Définitions et portées
	<p>possibles : combinaison en coton ou vêtement imperméable)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Exprimé en degré Celsius 	<ul style="list-style-type: none"> • Détermination de zones de risque (ou zones d'intensité d'exposition) s'appuyant sur une correspondance entre les valeurs d'exposition admissibles (VEA) exprimées en température WBGT (comme fixées par le Règlement sur la santé et la sécurité du travail [RSST] du Québec et l'<i>American Conference of Governmental Industrial Hygienists</i> [ACGIH]). Un code de couleur est attribué à chacune de ces zones, allant du vert (risque jugé faible) au rouge (risque très élevé nécessitant la mise en œuvre de mesures préventives et une vigilance extrême)⁹. • Permet l'ajustement du protocole d'hydratation¹⁰. • Méthode peu coûteuse et pratique pour certains milieux de travail (p. ex., agriculture, foresterie, construction) qui ne possèdent pas nécessairement les instruments pour mesurer l'indice WBGT.
Indice humidex	<ul style="list-style-type: none"> • Humidité • Température normale de l'air <p>(Indice sans unité)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Dérivé de l'indice d'inconfort thermique qui est une version simplifiée du WBGT et développé par le Centre de santé des travailleurs (ses) de l'Ontario (CSTO) afin d'établir un plan d'intervention qui constitue un guide supplémentaire capable de traduire les valeurs limites d'exposition et les indices WBGT en valeurs humidex¹¹. • Indice sans dimension à interprétation facile permettant d'établir une échelle de températures ressenties en regroupant la température et l'humidité relative (mesurées sur le lieu de travail à l'aide d'un thermohygromètre à l'ombre et loin d'une surface chaude) en une lecture unique¹². • Appréciation de l'inconfort thermique causé par un taux d'humidité élevé et une forte température, avec correction selon l'habillement (ajout de 5 °C à la température mesurée si le travailleur porte un survêtement en coton) et l'exposition du travail à la chaleur radiante (ajout de 1 à 2 °C pour un travailleur extérieur exposé directement au soleil ou à proximité d'une chaudière ou d'une fournaise). • Utilisé en dehors du Québec dans la plupart des provinces canadiennes et par le Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail (CCHST).
Indice de contrainte environnementale ou ESI (Environmental Stress Index)	<ul style="list-style-type: none"> • Température ambiante • Humidité relative • Radiation solaire globale • <i>Formule de calcul</i> : 	<ul style="list-style-type: none"> • Indice de substitution du WBGT développé par Moran <i>et al.</i> (2001) et validé par Moran <i>et al.</i> (2005). Il implique une mesure directe de la radiation solaire et est considéré par ces auteurs comme équivalent de l'indice WBGT. • Plus rapide à calculer à l'aide d'un appareil portable équipé de microcapteurs de mesure de température, d'humidité et de radiation solaire. Cette dernière est évaluée plus rapidement grâce à un microcapteur à infrarouge qui vient remplacer le thermomètre globe nécessaire au calcul de

Indices	Paramètres	Définitions et portées
	$ESI = 0,63Ta - 0,03HR + 0,002RS + 0,0054(Ta \times HR) - 0,073 (0,1 + RS)^{-1}$ <p>(Ta : température ambiante en degré Celsius ; HR : humidité relative en % ; RS : radiation solaire en watts par mètre carré [W/m²])</p> <ul style="list-style-type: none"> • Exprimé en degré Celsius 	l'indice WBGT et dont l'état d'équilibre n'est atteint qu'après une durée plus longue (jusqu'à 30 min).

Sources : Alie, Dufresne, Nadeau et Prud'homme (1995) ; Moran *et al.* (2001) ; Brake et Bates (2002) ; Malchaire (2004) ; Moran *et al.* (2005) ; Dessureault et Gressard (2006) ; Turcotte (2006) ; Miller et Bates (2007a) ; Miller et Bates (2007b) ; Pérez-Alonso, Callejón-Ferre, Carreño-Ortega et Sánchez-Hermosilla (2011) ; Turpin-Legendre et Meyer (2012) ; Chan, Wen, Chan et Wong (2013a) ; d'Ambrosio Alfano, Malchaire, Palella et Riccio (2014) ; Dessureault *et al.* (2014) ; Rowlinson et Jia (2014) ; Jacklitsch *et al.* (2016) ; Edirisinghe et Jadhav (2017) ; Prieto (2018) ; CCHST (2019) ; IHSA (2019) ; Mac, Hertzberg et McCauley (2019) ; McCarthy, Shofer et Green-McKenzie (2019) ; Robert *et al.* (2019) ; CNESST (2020a) ; Kuklane, Toma et Lucas (2020) ; Kuklane *et al.* (2020) ; Maung et Tustin (2020).

¹Selon le RSST, les valeurs d'exposition admissibles (VEA) exprimées en température WBGT ne s'appliquent qu'aux travailleurs adultes, portant des vêtements normaux légers (p. ex., T-shirts et pantalons légers), acclimatés à la chaleur, travaillant sur un horaire de 8 heures (avec une demi-heure de pause) et en bonne condition physique. Les VEA sont basées sur la température WBGT calculée et l'estimation du métabolisme ou charge de travail. Tout dépassement des VEA implique l'instauration d'un régime d'alternance travail/repos qui vise à réduire la charge de travail et la température WBGT moyennes pondérées (Règlement sur la santé et la sécurité du travail, 2021). L'ACGIH a par ailleurs corrigé les limites d'exposition à la chaleur (*Threshold Limit Values* ou TLV®) qui s'appuient sur l'indice WBGT en appliquant un facteur d'ajustement selon le type de vêtement porté par le travailleur (p. ex., combinaison tissée ou en polypropylène, vêtement à double couche) et de son statut d'acclimatation. Les TLV® de l'ACGIH sont actuellement utilisées dans la plupart des milieux de travail au Canada, dont ceux qui relèvent du gouvernement fédéral. Lorsque la température WBGT ne baisse pas sous la TLV® de l'ACGIH malgré les mesures d'ingénierie mises en œuvre, un régime d'alternance travail/repos s'impose. L'ACGIH propose également une courbe dite « action » destinée à déterminer des limites d'exposition pour les travailleurs non acclimatés, qui nécessitent, par ailleurs, des mesures supplémentaires (CCHST, 2016). L'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) a d'ailleurs produit des utilitaires qui permettent de calculer l'alternance travail/repos selon l'approche du RSST et celle de l'ACGIH (IRSST, 2019).

²Selon Dessureault *et al.* (2014), plusieurs situations de travail au Québec induisent des conditions d'ambiance thermique « excessivement chaude », en particulier dans les industries métallurgiques.

³Le modèle PHS perdrait de sa fiabilité lorsque les travailleurs portent ce type de vêtement étanche, de même que dans les ambiances très humides (Wang, F., Gao, Kuklane et Holmer, 2013 ; Robert *et al.*, 2019).

⁴Trois cas de figure sont à considérer (Malchaire, 2004 ; Robert *et al.*, 2019) :

- DLE supérieure à 480 min (8 heures) : pas de limite de durée de travail au poste ;
- DLE inférieure à 480 min, mais supérieure à 30 min : implique une organisation de la fréquence et la longueur des pauses de manière à permettre une récupération efficace ;
- DLE inférieure à 30 min : impose une surveillance individuelle des indicateurs physiologiques.

Pour les modalités d'évaluation de l'environnement thermique à l'aide du modèle PHS ainsi que la nature des résultats obtenus, le lecteur est invité à consulter Dessureault *et al.* (2014).

⁵Un travailleur qui pratique l'autogestion du rythme de travail est capable d'ajuster sa propre cadence selon les conditions environnementales à condition d'accomplir des tâches routinières non urgentes et en l'absence de toute incitation financière et de toute pression excessive de la part de son superviseur ou de ses pairs. Il doit en outre être bien sensibilisé aux risques associés à la chaleur, à la reconnaissance de premiers signes/symptômes et sur l'intérêt de gérer de l'autogestion du rythme du travail. Un personnel compétent est appelé, par ailleurs, à encadrer cette catégorie de travailleur. L'autogestion du rythme de travail est considérée comme un moyen efficace pour réduire l'astreinte physiologique, lorsqu'appliquée dans ces conditions (Brake et Bates, 2001 ; Malchaire, 2004).

⁶Le protocole recommandé d'implantation du TWL pour l'autogestion du rythme de travail se décline comme suit (Miller et Bates, 2007b)

- TWL < 115 W/m² : travail ordinaire non autorisé sauf en cas d'urgence. Dans cette situation, des mesures appropriées sont nécessaires, dont le travail en équipe qui n'implique que des travailleurs acclimatés, la mise à leur disposition de bouteilles d'eau personnelles de 4 litres de capacité en tout temps et la surveillance de la perte hydrique (ou niveau d'hydratation) en fin de quart de travail (pour les méthodes utilisées pour ce type de surveillance, se référer au tableau 2) ;
- TWL > 115 et < 140 W/m² : retrait des travailleurs non acclimatés (incluant les nouveaux travailleurs et ceux qui ont été absents du travail pour une période > 14 jours) ; travail en équipe, autant que possible ; amélioration recommandée de l'environnement de travail (p. ex., usage de ventilateurs électriques, abris naturels, espaces de travail ou de repos équipés d'air conditionné) ;
- TWL > 140 : aucune restriction de l'autogestion du rythme de travail pour les travailleurs formés sur les risques liés à la chaleur et adéquatement hydratés.

⁷Les niveaux de risque en milieu de travail selon l'indice de chaleur sont les suivants (Jacklitsch *et al.*, 2016) :

- Moins de 33 °C : risques faibles (application du programme basique en SST) ;
- Entre 33 °C et 39 °C : risques modérés (plus de précautions à considérer tout en augmentant la sensibilisation aux risques) ;
- Entre 39 °C et 46 °C : risques élevés (précautions additionnelles à mettre en place pour protéger la santé des travailleurs) ;
- Au-delà de 46 °C : risques très élevés à extrêmes (encore plus de mesures préventives rigoureuses à appliquer).

⁸La température et l'humidité relative doivent être idéalement mesurées sur le lieu de travail, car les données météorologiques sont plus basses que celles évaluées sur place (Dessureault et Gressard, 2006). L'IRSST a produit des utilitaires pour calculer les températures de l'air corrigées pour les employeurs, les travailleurs et les professionnels en SST et qui permettent de déterminer la durée des temps de pause (IRSST, 2019).

⁹La température de l'air corrigée (TAC) sous-estime le risque de contrainte thermique lorsque la température de l'air est supérieure ou égale à 34 °C et que le taux d'humidité est d'au moins 70 % de même que si les tâches sont exécutées au soleil et sans circulation d'air (vitesse de l'air inférieure à 1 m/s) (Dessureault et Gressard, 2006).

¹⁰Protocole d'hydratation selon la TAC (CNESST, 2020a) :

- 30,4 °C ≤ TAC ≤ 38,9 °C : 250 ml d'eau toutes les 20 min
- 39,5 °C ≤ TAC ≤ 41,1 °C : 250 ml toutes les 15 min
- TAC ≥ 41,7 °C : 250 ml toutes les 10 min

¹¹Ce plan peut être consulté sur le site Web : https://www.whsc.on.ca/Files/What-s-New/OHCOW_Humidex-Heat-Stress-Response-Plan. L'utilisation de l'indice humidex impose à l'employeur de préparer de la documentation qui expose sa politique de formation sur la contrainte thermique, dont la reconnaissance par les

travailleurs de premiers signes/symptômes des troubles liés à la chaleur, et dans laquelle sont reportés tous les incidents en lien avec la contrainte thermique afin de détecter de possibles lacunes dans la gestion de prévention des risques mise en œuvre (IHSA, 2019).

¹²Deux niveaux de risque sont établis, l'indice humidex 1 et l'indice humidex 2. Le premier, concerne les deux cas de figure suivants : a) travailleurs non acclimatés et charge de travail modérée ou b) travailleurs acclimatés avec charge de travail lourde. La plupart des travailleurs ne vont pas éprouver une contrainte thermique en deçà de la limite d'activité indice humidex 1 relativement à une charge de travail modérée. L'humidex 2 est à considérer dans deux situations : a) travailleurs non acclimatés et charge de travail légère ou b) travailleurs acclimatés avec charge de travail modéré. La plupart des travailleurs acclimatés, en santé, bien hydratés et qui ne consomment aucun médicament seront capables de tolérer la contrainte thermique jusqu'à ce que la VLE soit atteinte, c'est-à-dire indice humidex 2 dans le cas d'une activité physique modérée. Des valeurs entre humidex 1 et humidex 2 imposent des mesures administratives générales de contrôle de la contrainte thermique (p. ex., formation, acclimatation, hydratation, surveillance mutuelle des signes/symptômes de troubles liés à la chaleur). Au-delà de l'humidex 2, des mesures de contrôle plus spécifiques deviennent nécessaires pour compléter les mesures administratives d'ordre général, comme des mesures d'ingénierie (p. ex., réduction de la charge de travail, contrôle de la chaleur à la source), l'ajustement rationnel des temps d'exposition ainsi que des mesures de protection personnelle incluant des équipements individuels de refroidissement. Un facteur humidex qui dépasse les 45 doit être géré par les valeurs seuils de l'ACGIH (IHSA, 2019).

Certains de ces indices tiennent compte uniquement de facteurs environnementaux (p. ex., température de l'air, humidité, vitesse de l'air, chaleur radiante). C'est le cas de l'indice WBGT, de l'indice de chaleur, de l'indice humidex et de l'indice de contrainte environnementale ou ESI (*Environmental Stress Index*). Les autres indices incorporent en outre des données non environnementales liées à l'habillement (p. ex., type de tissu, niveaux d'isolement thermique et de résistance à l'évaporation) comme la TAC, l'indice de limite de travail thermique ou TWL (*Thermal Work Limit*) ou encore l'indice d'astreinte thermique prévisible ou PHS (*Predicated Heat Strain*), ce dernier intégrant également une estimation du métabolisme de travail.

De manière générale, l'indice de température au thermomètre-globe mouillé ou WBGT (*Wet Bulb Globe Temperature*) demeure celui qui est le plus largement exploité dans les milieux de travail, car il constitue un outil normalisé de dépistage de la contrainte thermique recommandé par l'Organisation internationale de normalisation (*International Organization for Standardization/ISO 7243*) et l'*American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH) (Dessureault *et al.*, 2014 ; Garzon-Villalba, Wu, Ashley et Bernard, 2017a ; Prieto, 2018). La méthode WBGT permet d'établir des normes d'exposition à la chaleur au Québec (Règlement sur la santé et la sécurité du travail, 2021) et ailleurs dans le monde (d'Ambrosio Alfano *et al.*, 2014; Jacklitsch *et al.*, 2016).

L'indice de chaleur, la TAC et l'indice humidex sont plutôt utilisés comme des alternatives au WBGT lorsque, par exemple, l'employeur ne peut avoir à sa disposition l'instrumentation spécialisée nécessaire. Celle-ci est, en effet, considérée comme à la fois fragile, coûteuse et lente à mettre en œuvre, tout particulièrement pour la mesure de la température globe qui exprime la radiation solaire (Dessureault et Gressard, 2006 ; Havenith et Fiala, 2016 ; IHSA, 2019). Le recours à l'indice humidex est jugé nettement plus accommodant pour les travailleurs qui jugent les calculs basés sur l'indice WBGT ardu et onéreux (CCHST, 2019). L'indice ESI a également été développé pour se substituer au WBGT et permet une mesure directe et plus rapide de la radiation solaire à l'aide d'un microcapteur à infrarouge (Moran *et al.*, 2001 ; Havenith et Fiala, 2016).

Le modèle PHS est considéré comme un outil d'analyse des ambiances excessivement chaudes définies comme des environnements thermiques situés au-delà des seuils prescrits par l'indice WBGT (soit 32 °C-WBGT) et pour lesquelles ce dernier ne pourrait pas être appliqué. Le PHS aboutit au calcul de la durée limite d'exposition à la chaleur dont l'objectif est d'éviter que la température centrale du corps n'atteigne les 38 °C et prévenir ainsi les troubles liés à la chaleur (Dessureault *et al.*, 2014). L'indice TWL, quant à lui, permet de déterminer le métabolisme de travail limite sans avoir à se baser sur une estimation jugée peu fiable (Brake et Bates, 2002). Il est actuellement inclus dans les directives et normes de gestion de la contrainte thermique dans certains pays, par exemple l'Australie dans le secteur des mines souterraines (Edirisinghe et Jadhav, 2017).

1.1.2 Surveillance de l'astreinte thermique

La surveillance des ambiances chaudes implique non seulement la caractérisation de la contrainte thermique, mais également l'évaluation physiologique individuelle de l'astreinte thermique. Cette évaluation permet de mesurer la réponse physiologique individuelle à la contrainte thermique, c'est-à-dire l'augmentation de la fréquence cardiaque (FC), celle des températures interne et cutanée ainsi que celle de la sudation, et ce, sans avoir à extrapoler des conditions environnementales et de l'estimation du métabolisme de travail (Fortin, Chiasson et Imbeau, 2008 ; Gao *et al.*, 2018 ; Notley, Flouris et Kenny, 2018).

Cette approche permet de mieux apprécier l'état du travailleur en déterminant si les conditions de travail sont acceptables, tout particulièrement en ambiances extrêmement chaudes. Elle est d'autant plus pertinente qu'une astreinte thermique excessive précède la survenue de symptômes visibles liés à la chaleur. La hausse de la FC demeure la réponse physiologique la plus précoce dans les situations de charge de travail lourde et d'ambiance thermique très chaude, car elle se produit avant même l'augmentation de la température corporelle. Cette dernière, quant à elle, atteint la limite sécuritaire de 38 °C bien avant que la déshydratation ne devienne significative. La surveillance de l'astreinte thermique permet, de ce fait, une protection plus adéquate des travailleurs les moins tolérants à la contrainte thermique (Bernard et Kenney, 1994 ; Dessureault et Tellier, 2008 ; Turpin-Legendre et Meyer, 2012 ; Dessureault *et al.*, 2014 ; Jacklitsch *et al.*, 2016 ; Yi, Chan, Wang et Wang, 2016 ; Notley, Flouris et Kenny, 2019 ; Robert *et al.*, 2019).

Le tableau 2 présente différentes méthodes préconisées pour surveiller l'astreinte thermique en milieu de travail. Cette surveillance est généralement réalisée en mesurant directement un ou plusieurs indicateurs physiologiques, principalement la FC, la température corporelle (p. ex., interne, cutanée ou buccale) et la perte hydrique (ou perte sudorale), laquelle permet d'estimer le niveau d'hydratation du travailleur. Ces évaluations sont effectuées la plupart du temps avant, pendant et après l'exposition à la contrainte thermique (Dessureault et Tellier, 2008 ; Espinoza, 2008 ; Brearley, Harrington, Lee et Taylor, 2015 ; Jacklitsch *et al.*, 2016 ; Morris *et al.*, 2018 ; Moyce, Mitchell, Vega et Schenker, 2020).

D'autres méthodes de surveillance de l'astreinte thermique font appel au calcul de l'indice de stress prédit ou PSI (Physiological Strain Index), nécessitant la mesure de la FC et de la température rectale, ou à une approche subjective, donc non invasive, qui implique la détermination de l'indice de stress perçu ou PeSI (Perceptual Strain Index). Ce dernier permet en effet d'apprécier la réponse individuelle à la contrainte thermique en ne tenant compte que du ressenti de l'effort et de la sensation thermique par le travailleur, sans avoir à mesurer d'indicateurs physiologiques (Tikusis, McLellan et Selkirk, 2002 ; Gunga, Sandsund, Reinertsen, Sattler et Koch, 2008 ; Meyer, Turpin-Legendre, Gingembre, Horvat et Didry, 2014).

Parmi les indicateurs d'astreinte thermique, la FC est considérée comme étant la plus simple, la plus fiable et la moins coûteuse à mesurer. La diminution de ce paramètre après un effort intense demeure un bon indice de récupération (Meyer, Martinet, Payot, Didry et Horwat, 2001 ; Fortin *et al.*, 2008). Une des méthodes suggérées pour apprécier la perte hydrique consiste en l'autoévaluation des urines, c'est-à-dire que le travailleur effectue lui-même cette inspection. Morris *et al.* (2018) proposent à cette fin une charte des couleurs qui est présentée dans la figure 1. Les couleurs vont du jaune pâle, traduisant un bon état d'hydratation, au marron, qui indique une déshydratation et de possibles lésions rénales, ce qui impose une visite médicale.

Figure 1. Charte des couleurs pour l'autoévaluation des urines en milieu de travail.

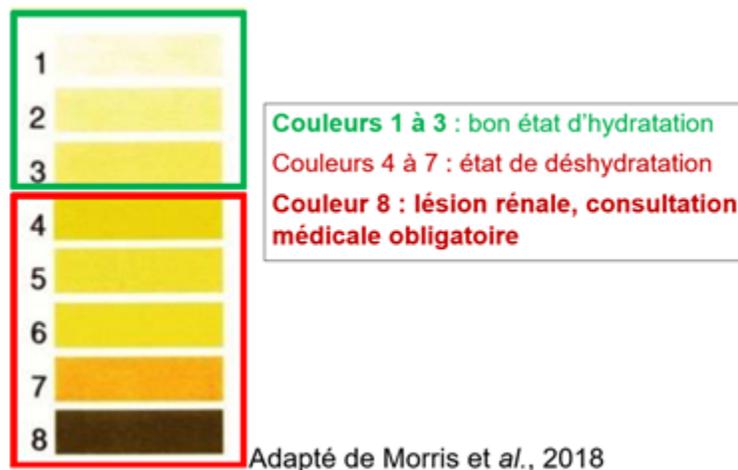


Tableau 2. Méthodes de surveillance de l'astreinte thermique

Méthode	Exemples de paramètre mesuré ou considéré	Portées
Mesures directes d'indicateurs physiologiques	<ul style="list-style-type: none"> • Fréquence cardiaque¹ • Température² (p. ex., rectale, buccale, centrale ou en microclimat c'est-à-dire sous les vêtements portés par le travailleur) • Perte hydrique (ou perte sudorale) qui permet d'estimer le niveau d'hydratation : <ul style="list-style-type: none"> ○ Pesée avant et après le quart de travail pour évaluer la différence de masse corporelle³; ○ Mesure de la densité urinaire⁴; ○ Autoévaluation par inspection de la couleur des urines • Pression artérielle 	<ul style="list-style-type: none"> • Évaluation directe et immédiate de la réponse individuelle à la contrainte thermique sans avoir à extrapoler à partir des conditions environnementales et de la charge de travail. • Appréciation des exigences physiques liées aux tâches de travail afin d'ajuster les alternances travail/repos. • Détection précoce des risques liés à une astreinte thermique élevée ce qui permet de renforcer la surveillance des travailleurs voire leur retrait préventif, en cas de nécessité.
Calcul de l'indice de stress prédit ⁵ (<i>Physiological Strain Index</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Fréquence cardiaque • Température rectale • <i>Formule de calcul à l'aide de la fréquence cardiaque et de la température rectale</i> $PSI = 5(T_{ret} - T_{re0}) / (39,5 - T_{re0}) + 5(FC_t - FC_0) / (180 - FC_0)$ <p>(T_{ret} = température rectale et FC_t = fréquence cardiaque, mesurées simultanément à n'importe quel moment durant l'exposition à la chaleur. T_{re0} = valeur initiale de la température rectale et FC_0 = valeur initiale de la fréquence cardiaque, mesurées toutes les deux avant exposition. Les valeurs 39,5 °C et 180 battements par minute correspondent respectivement à la température corporelle et la FC maximales à ne pas dépasser)</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Indice d'astreinte thermique développé par Moran, Shitzer et Pandolf (1998). • Traduction de l'astreinte thermique de manière quantitative sur une échelle qui va de 0, « pas d'astreinte », à 10, « astreinte très importante ». • Capacité à prédire si les conditions d'exposition à la chaleur sont de nature compensable (c'est-à-dire ne présentant aucun risque pour la santé des travailleurs) ou non compensable (c'est-à-dire susceptibles d'entraîner une astreinte thermique élevée non acceptable).
Calcul de l'indice de stress perçu ⁵ ou PeSI (<i>Perceptual Strain Index</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Aucun paramètre physiologique mesuré • Cotation par les travailleurs des deux paramètres suivants [selon le modèle original de Tikuisis <i>et al.</i> (2002)] : <ul style="list-style-type: none"> a) de l'effort physique (ou charge physique) tel que ressenti, désigné par PE (<i>Perceived Exertion</i>), en utilisant l'échelle modifiée de Borg laquelle va de 0 (repos) à 10 (effort maximal) ; 	<ul style="list-style-type: none"> • Indice développé par Tikuisis <i>et al.</i> (2002). • Évaluation subjective conjointe de l'effort et de la température (tels que ressentis) dans des conditions qui combinent ambiance chaude et charge de travail lourde. • Traduction de l'astreinte thermique de manière quantitative sur une échelle qui varie de 0, pas d'astreinte, à 10, astreinte très importante. • Limite d'exposition à la chaleur préconisée : cote d'indice PeSI située entre 7 et 8.

	<p>b) de la sensation thermique telle que ressentie (désignée par TS ou <i>Thermal Sensation</i>) en utilisant l'échelle modifiée de Gagge laquelle va de 7 (confortable) à 13 (intolérance à la chaleur)</p> <p><i>Formule de calcul :</i></p> $PeSi = 5 \times (Pet/10) + 5 \times [(TSt - 7)/6]$ <p>Pet et TSt représentant respectivement la cotation subjective conjointe de l'effort et de la sensation thermique durant le travail à la chaleur à un temps « t » donné</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Approche alternative non invasive et outil pratique d'évaluation de l'astreinte physiologique dans des conditions d'exposition à la chaleur. • Considéré comme aussi puissant que l'indice PSI pour estimer la réponse individuelle à la contrainte thermique due à la chaleur et pour déterminer les niveaux d'astreinte thermique atteints par chacun des travailleurs concernés.
--	---	--

Sources : Moran *et al.* (1998) ; Tikuisis *et al.* (2002) ; Bernard, Ashley et Caravello (2004) ; Miller et Bates (2007a) ; Dessureault et Tellier (2008) ; Espinoza (2008) ; Gunga *et al.* (2008) ; Brearley *et al.* (2015) ; Chan et Yang (2016) ; Jacklitsch *et al.*, 2016 ; Edirisinghe et Jadhav (2017) ; Garzon-Villalba, Yougui, Ashley et Bernard (2017b) ; Morris *et al.* (2018) ; Ueno, Sakakibara, Hisanaga, Oka et Yamaguchi-Sekino (2018) ; Robert *et al.* (2019) ; Moyce *et al.* (2020) ; Takebayashi, Misaka et Akagawa (2020) ; Vukadinovic et Radosavljevic (2020).

¹Les formules utilisées pour calculer la fréquence cardiaque (FC) maximale à ne pas dépasser varient selon les auteurs. Pour Dessureault et Tellier (2008) la FC ne doit pas excéder 220 – âge tandis que pour Ueno *et al.* (2018) et Hwang et Lee (2017)) elle ne doit pas être supérieure à 280 – (0,7 x âge). L'ACGIH recommande par ailleurs que la FC durant le travail ne dépasse pas 180 – âge, car au-delà, la contrainte thermique est jugée insoutenable (Garzon-Villalba *et al.*, 2017b).

²La température rectale, considérée comme substitut de la température interne, ne doit pas dépasser 38°C. La température buccale ou sublinguale est généralement mesurée à l'aide d'un thermomètre placé sous la langue. Elle ne doit pas excéder les 37,5°C ce qui correspond à une température interne de 38 °C (Dessureault et Tellier, 2008). Selon Meyer *et al.* (2014), la différence entre les températures buccales évaluées avant et après exposition à la contrainte thermique ne doit pas être supérieure à 1 °C.

³La perte de masse corporelle est considérée comme la méthode la plus précise pour estimer le déficit hydrique. Elle ne doit pas dépasser 1,5-2 % de la masse initiale. Au-delà, elle traduit le début d'une détérioration de la tolérance à la chaleur. Une perte massique qui excède les 5 % représente un signe de déshydratation (Dessureault et Tellier, 2008 ; Moyce *et al.*, 2020).

⁴Un travailleur est considéré comme adéquatement hydraté lorsque sa densité urinaire est inférieure ou égale à 1,010-1,015 (Miller et Bates, 2007a ; Brearley *et al.*, 2015).

⁵ L'appellation en français est celle suggérée par Meyer *et al.* (2014).

L'évaluation de l'astreinte thermique vise à mieux organiser le rythme de travail voire d'imposer, au besoin, l'arrêt des activités en cas de dépassement des limites des indicateurs physiologiques considérés ou bien de cotes d'indice PSI ou PeSI élevées (Moran *et al.*, 1998 ; Tikuisis *et al.*, 2002 ; Bernard *et al.*, 2004 ; Garzon-Villalba *et al.*, 2017b ; Notley *et al.*, 2018).

Cette surveillance se justifie en raison des variations individuelles de la réponse physiologique à la contrainte thermique. De telles variations sont non seulement liées à la durée de l'exposition à la chaleur, mais également à de nombreux facteurs personnels. La capacité de thermorégulation d'un individu, et de ce fait sa tolérance vis-à-vis de la contrainte thermique, dépendent en effet d'un ensemble de paramètres autres qu'environnementaux, dont l'âge, la prise de médicaments, les maladies chroniques sous-jacentes, la condition physique, l'état nutritionnel, le niveau d'hydratation, l'anthropométrie (taille, masse corporelle, pourcentage de gras), le métabolisme de base, les aptitudes personnelles d'acclimatation, la prise d'alcool, le tabagisme, le type d'activité physique exigée par la tâche et le degré de compétence au travail. Ces paramètres personnels constituent autant de facteurs personnels de risque. Par exemple, l'obésité, la consommation de tabac et d'alcool, un entraînement physique réduit et un âge situé au-delà de 60 ans seraient susceptibles de diminuer les capacités de thermorégulation (Selkirk et McLellan, 2001 ; Bethea et Parsons, 2002 ; Malchaire, 2004 ; Larranaga et Bernard, 2011 ; Garzon-Villalba *et al.*, 2017b ; Notley *et al.*, 2019 ; Robert *et al.*, 2019). Néanmoins, une plus grande tolérance à la chaleur pourrait, en revanche, s'observer chez des travailleurs malgré leur surpoids, car ils ont acquis un niveau d'habileté plus élevé à accomplir leurs tâches dans le calme et avec des gestes contrôlés. Cette maîtrise du travail causerait moins de dépense énergétique ce qui se traduirait, en conséquence, par une réduction de la chaleur métabolique (Rowlinson *et al.*, 2014).

Le suivi de l'astreinte thermique est, par ailleurs, recommandé lorsque les conditions de travail ne permettent pas l'utilisation d'indices de contrainte thermique. Elles incluent les situations d'expositions brèves à des contraintes thermiques élevées ou qui ne sont pas stables et celles qui imposent le port de tenues de protection hermétiques qui restreignent considérablement les échanges thermiques, comme pour les pompiers (Meyer *et al.*, 2014 ; Robert *et al.*, 2019).

La surveillance de la santé individuelle des travailleurs, par le biais de la mesure d'indicateurs physiologiques, devrait, selon Malchaire (2004), être imposée durant d'autres situations jugées à risque, dont :

- des expositions à la contrainte thermique considérées comme « *exceptionnellement sévères* » (p. ex., travail d'entretien particulier) ;
- des expositions récurrentes pour lesquelles la durée limite d'exposition (ou durée maximale de travail) prédite par le modèle PHS est inférieure à 30 min. Les différences interindividuelles en ce qui concerne la réponse physiologique jouent en effet un rôle majeur dans ces conditions ;

- les cas d'exposition de travailleurs à risque, par exemple ceux qui souffrent d'un certain handicap et les individus plus jeunes ou plus âgés ;

De plus, Malchaire (2004) préconise l'enregistrement des indicateurs d'astreinte thermique comme mesure de surveillance régulière de la santé afin d'évaluer la tolérance effective du travailleur durant les deux premières semaines qui suivent son affectation à un poste en ambiance chaude.

Le NIOSH prône d'ailleurs le suivi des indicateurs physiologiques et l'examen médical des travailleurs exposés aux contraintes thermiques sévères lorsque les limites recommandées d'alerte (*Recommended Alert Limits/RALs*) et les limites recommandées d'exposition à la chaleur (*Recommended Exposure Limits/RELS*) sont dépassées (Jacklitsch *et al.*, 2016).

Dessureault et Tellier (2008) recommandent également la surveillance de la FC dans les situations de travail pour lesquelles les valeurs d'exposition admissibles (VEA) réglementaires, basées sur l'indice WBGT, ne peuvent être appliquées. Selon le RSST, la méthode WBGT n'est en effet valide que pour les personnes adultes et acclimatées qui travaillent 5 jours/semaine sur un horaire continu de 8 heures (excepté une brève interruption d'environ une demi-heure) et qui ne portent pas de vêtements de protection vis-à-vis de la chaleur (Règlement sur la santé et la sécurité du travail, 2021).

Selon Notley *et al.* (2018) et Notley *et al.* (2019), une stratégie qui s'appuie uniquement sur la surveillance de la contrainte thermique pourrait induire une surprotection ou au contraire une protection insuffisante des travailleurs vis-à-vis des risques liés au travail en ambiance chaude. Le suivi d'un ou de plusieurs indicateurs physiologiques permettrait de mieux préserver la santé de ceux qui présentent une tolérance moindre à cet égard. Selon ces auteurs, une approche qui vise à protéger les travailleurs sur une base individuelle sans aborder l'évaluation de leur réponse physiologique pourrait constituer un véritable défi. Ils suggèrent, de ce fait, d'intégrer cette surveillance dans les futurs guides de gestion de la contrainte thermique, car cette mesure favoriserait un plus haut degré de protection de la santé des travailleurs (Notley *et al.*, 2018, 2019).

1.2 Les mesures de contrôle de la contrainte thermique

Les mesures d'ingénierie, administratives et celles de protection personnelle présentent un objectif commun qui est la réduction de la contrainte thermique et, conséquemment, de l'astreinte thermique qui en résulte. Elles procèdent des mesures de contrôle des dangers potentiels rencontrés dans les milieux de travail et qui sont traditionnellement au nombre de cinq, hiérarchisées selon un ordre précis, à savoir : 1) l'élimination, 2) la substitution, 3) les mesures d'ingénierie, 4) les mesures administratives et 5) les équipements de protection personnelle. Cette hiérarchie implique que les mesures situées en premier, soit l'élimination ou la substitution du danger, seraient plus efficaces que celles situées subséquemment, soit les mesures d'ingénierie, administratives et les équipements de protection personnelle. L'élimination consiste en effet à retirer le danger du milieu de

travail tandis que la substitution fait référence au remplacement d'une situation dangereuse par une autre qui le serait moins (NIOSH, 2015).

Ce système est largement accepté dans l'industrie pour orienter l'implantation des différentes stratégies de contrôle. La hiérarchie des mesures de contrôle est d'ailleurs préconisée par de nombreux organismes de santé et de sécurité du travail dont l'Occupational Safety and Health Administration (OSHA), le National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH) et le Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail (CCHST), lequel la désigne plutôt par « *hiérarchie des mesures de prévention* » (NIOSH, 2015 ; CCHST, 2018).

En ce qui concerne l'adaptation des milieux de travail aux effets des épisodes de fortes chaleurs, le NIOSH et le CCHST, pour ne citer que ces deux organismes, ne retiennent que les mesures d'ingénierie, administratives, et les équipements de protection personnelle pour contrôler la contrainte thermique. Les « équipements de protection personnelle » présentent par ailleurs différentes appellations, par exemple « vêtements de protection personnelle et auxiliaires de refroidissement corporel » (Jacklitsch *et al.*, 2016), « mesure d'ingénierie personnelle » (Yang et Chan, 2017a) ou « protection personnelle » (Bernard, Dukes-Dobos et Ramsey, 1994). En raison de différentes approches visant la protection personnelle recensées dans la littérature, cette mesure a été désignée dans ce document par « mesures de protection personnelle ».

En règle générale, lorsque les mesures d'ingénierie s'avèrent insuffisantes pour réduire la contrainte thermique ou ne peuvent être appliquées, des mesures administratives et de protection personnelle pourraient alors se révéler nécessaires. Toutefois, il est souvent inévitable de faire cohabiter ces trois mesures, autant que possible, dans le but de renforcer la protection des travailleurs (Dang, Dowell et Mueller, 2011 ; Jacklitsch *et al.*, 2016 ; Yang et Chan, 2017a ; CCHST, 2018). Le tableau 3 présente une synthèse de ces trois catégories de mesures d'adaptation destinées à contrôler la contrainte thermique en milieu de travail et de l'ensemble des actions générales qui peuvent être considérées pour leur application sur le terrain. La grande majorité de ces actions font d'ailleurs partie des recommandations du NIOSH (Jacklitsch *et al.*, 2016) et du CCHST (CCHST, 2016).

Les **mesures d'ingénierie**, s'appuyant sur des mécanismes techniques et physiques, favorisent la réduction de la charge de travail, notamment par la mécanisation des tâches, et la gestion des facteurs environnementaux (p. ex., diminution de la température de l'air, au moyen d'une ventilation générale, ou celle de la chaleur radiante, qui provient de surfaces ou d'objets chauds, à l'aide d'écrans réfléchissants) (Alie *et al.*, 1995 ; Jacklitsch *et al.*, 2016 ; Gao *et al.*, 2018). À noter que les mesures d'ingénierie sont également désignées par « mesures techniques » (CSSTO, 2009) ou, comme au Québec, « contrôles techniques » (CNEST, 2019). Ces derniers intègrent non seulement l'aménagement d'abris dans des endroits frais et des roulottes climatisées, mais aussi l'approvisionnement en eau (CNEST, 2019).

Les **mesures administratives**, à visée collective et plus centrées sur les pratiques de travail, englobent un ensemble d'actions générales à mettre en œuvre incluant la planification du travail à l'aide d'un plan de prévention chaleur élaboré à l'avance, la formation et la sensibilisation de l'intégralité des travailleurs sur les risques liés à la chaleur, des stratégies d'amélioration de leur tolérance à la chaleur (p. ex., programmes d'acclimatation et protocoles rigoureux d'hydratation), une réorganisation du travail pour réduire l'exposition et la charge de travail (p. ex., une meilleure planification des alternances travail/repos, report des tâches durant des périodes plus fraîches, rotation des équipes pour réduire la charge de travail), l'encouragement à un mode de vie saine et la surveillance soutenue de la santé des travailleurs (p. ex., des examens médicaux périodiques dont celui de dépistage de la tolérance à la chaleur, mise en place d'une procédure d'urgence, équipe médicale sur le terrain) (Alie *et al.*, 1995 ; Rowlinson *et al.*, 2014 ; CCHST, 2016 ; Jacklitsch *et al.*, 2016 ; Alaila, 2018 ; Uher, Cimboláková et Kaško, 2018 ; SSAWC, 2020).

Les **mesures de protection personnelle** sont plutôt axées sur des actions individuelles, comme le choix d'un habillement adapté (p. ex., vêtements légers, amples, de couleur claire et en tissu respirant), la protection solaire, le recours à des équipements ou techniques individuels de refroidissement (p. ex., port d'une veste de refroidissement, immersion d'un segment du corps dans de l'eau fraîche entre 15 à 25 °C) ou encore des systèmes personnels d'hydratation à type de sacs à dos adaptés qui contiennent un réservoir d'eau et sont munis d'un embout buccal (McKinnon et Utley, 2005 ; Larranaga et Bernard, 2011 ; Jacklitsch *et al.*, 2016 ; Gao *et al.*, 2018 ; SSAWC, 2020).

Tableau 3. Mesures d'ingénierie, administratives et de protection personnelle qui visent à contrôler la contrainte thermique

Catégorie de mesure d'adaptation	Définition	Actions générales pouvant être considérées et exemples pratiques	
Mesures d'ingénierie	Mécanismes physiques et techniques destinés à réduire le métabolisme de travail (ou intensité de la charge de travail) ou à agir sur les facteurs environnementaux (température, vitesse et humidité de l'air et chaleur radiante)	Réduction de la charge de travail (p. ex., mécanisation des tâches ou automatisation des procédés)	
		Gestion des facteurs environnementaux	Réduction de la température par augmentation de la vitesse de l'air (p. ex., usage de ventilateurs) ou par diminution de l'humidité (p. ex., espaces équipés de climatiseurs)
			Diminution de la chaleur radiante qui provient de surfaces ou d'objets chauds (p. ex., écrans pleins en aluminium réfléchissant) Protection vis-à-vis du rayonnement solaire (p. ex., auvents mobiles, ombrières intégrées aux engins)
Mesures administratives	Mesures à visée collective, centrées sur les procédures et pratiques de travail et incluant, essentiellement, tout ce qui peut être mis en œuvre pour améliorer la capacité des travailleurs à interagir de manière sécuritaire dans des situations de contrainte thermique	Plan de prévention chaleur à élaborer avant l'arrivée des périodes de chaleur extrême et qui aborde la planification du travail et l'ensemble des mesures concrètes qui devront être appliquées pour protéger adéquatement la santé des travailleurs selon les conditions de travail (p. ex., suivi des alertes météorologiques, modalités de surveillance de la contrainte thermique, réorganisation du travail et approvisionnement en eau, boissons et équipements de premiers secours)	
		Surveillance des prévisions météorologiques par une personne désignée avec inscription aux alertes météo	
		Programme annuel de formation avant toute exposition à la chaleur et pour l'ensemble des travailleurs (nouvellement embauchés et déjà à l'emploi) y compris les chefs d'équipe/superviseurs. L'objectif de cette formation est d'améliorer la connaissance du personnel sur les risques liés à la chaleur en mettant l'accent, entre autres, sur la reconnaissance de premiers signes/symptômes, les moyens de prévention disponibles sur le lieu de travail, l'initiation aux premiers soins de secours et mesures correctives d'urgence, et les facteurs de risques (p. ex., température, humidité, rythme élevé du travail, horaire	

Catégorie de mesure d'adaptation	Définition	Actions générales pouvant être considérées et exemples pratiques
		<p>prolongé, port d'équipements de protection individuelle, paramètres personnels comme l'âge, les maladies chroniques sous-jacentes, l'état nutritionnel, la condition physique). La formation devra également souligner l'importance de suivre les procédures et les règles en ambiance chaude et de bien assimiler les pratiques sécuritaires (p. ex., acclimatation, hydratation, habillement adapté, autosurveillance)</p> <p>Stratégies d'amélioration de la tolérance des travailleurs à la chaleur :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Programme d'acclimatation (généralement en 7 à 14 jours) pour tous les nouveaux travailleurs et après une absence de quelques jours (réacclimatation en 2 à 3 jours nécessaires¹) • Programme de conditionnement physique • Protocole renforcé d'hydratation avant, pendant et après le quart de travail, incluant les pauses, pour remplacer les pertes d'eau qui résultent de la transpiration excessive occasionnée par le travail à la chaleur (p. ex. 750 ml fraîche² avant les activités puis 250 ml toutes les 10, 15 à 20 minutes selon le niveau de contrainte thermique et avant toute sensation de soif). Consommation, au besoin, de boissons pour sportifs et de jus de fruits. Accès facilité et illimité à l'eau et également aux toilettes pour encourager la prise de fluide de réhydratation • Alimentation adaptée (p. ex., repas légers, aliments riches en eau) <p>Réorganisation du travail pour réduire le temps d'exposition et la charge de travail incluant, entre autres, la planification des horaires de travail avec report des tâches exigeantes à des périodes plus fraîches (tôt le matin ou tard le soir), l'optimisation des alternances travail/repos avec des pauses plus fréquentes dans un lieu frais, les rotations d'équipes, la réduction de la cadence de travail, l'autorisation des arrêts de travail si conditions extrêmes, l'augmentation de la taille des équipes de travail, l'encouragement et le respect de l'autogestion³ du travail</p> <p>Aménagement d'abris fixes ou mobiles pour la récupération (p. ex., zones ombragées, espaces de repos climatisés) et éventuellement pour le travail</p> <p>Surveillance plus soutenue de la santé des travailleurs, intégrant, entre autres, une évaluation médicale préliminaire de contrôle pour dépister toute intolérance à la chaleur⁴, un suivi médical périodique et régulier (particulièrement</p>

Catégorie de mesure d'adaptation	Définition	Actions générales pouvant être considérées et exemples pratiques
		<p>après tout incident lié à la chaleur même mineur et après reprise du travail ou absence prolongée pour maladie), la surveillance sur le terrain durant le travail et les pauses (incluant la surveillance mutuelle entre travailleurs et l'autosurveillance), la mise en place d'une procédure d'urgence, dont les premiers soins à prodiguer, les équipements nécessaires sur place, la liste des secouristes et des numéros d'urgence</p> <p>Encouragement à un mode de vie saine (p. ex., alimentation équilibrée, préservation d'une bonne qualité du sommeil, pratique régulière d'exercices physiques, éviter l'exposition à la contrainte thermique avant le travail)</p>
Mesures de protection personnelle	Mesures à visée individuelle et adaptées aux conditions de travail comprenant tout ce qui est porté ou utilisé par le travailleur pour réduire la réponse physiologique associée à l'astreinte thermique et/ou pour améliorer le ressenti d'effort physique, le confort thermique et le bien-être	<p>Habillement adapté (p. ex., vêtements amples, légers et confortables faits en tissus respirants, chapeau de paille)</p> <p>Équipements de protection individuelle adaptés aux fortes chaleurs (p. ex., en tissu spécial type goretex, imperméable à l'eau, mais permettant à la vapeur d'eau de passer à travers le tissu)</p> <p>Protection⁵(p. ex., crème solaire ; manchon de protection contre les rayons ultraviolets)</p> <p>Équipements individuels de refroidissement destinés à créer un microclimat rafraîchissant afin de réduire la réponse physiologique et/ou à améliorer le confort thermique (p. ex., bandanas ou serviettes réfrigérées, vestes de refroidissement munies de blocs réfrigérants type <i>Ice Packs</i> ou <i>Gel Packs</i>)</p> <p>Techniques individuelles de refroidissement, dont le prérefroidissement (avant exposition) par ingestion de glace pilée type Sloche ou l'immersion d'un segment du corps ou multisegments dans l'eau fraîche entre 15 °C et 25 °C, idéalement pendant 15 min (p. ex., mains/avant-bras/corps entier jusqu'à la base du cou)</p> <p>Système personnel d'hydratation (p. ex., eau transportable dans des sacs à dos adaptés avec réservoir d'eau et munis d'un embout buccal avec valve de protection)</p>

Sources : Alie *et al.* (1995) ; Hayashi et Tokura (2000) ; McLachlan et Aenchenbacher (2002) ; Malchaire (2004) ; McKinnon et Utley (2005) ; Brearley, Norton, Trewin et Mitchell (2011) ; Dang *et al.* (2011) ; Larranaga et Bernard (2011) ; Rowlinson *et al.* (2014) ; CCHST (2016) ; Jacklitsch *et al.* (2016) ; Chan, Zhang, Wang, Wong et Chan (2017) ; Alaila (2018) ; Gao *et al.* (2018) ; Uher *et al.* (2018) ; Construction Industry Council Hong Kong (2019) ; IHSA (2019) ; Luque *et al.* (2019) ; Robert *et al.* (2019) ; ASP Construction (2020) ; CNESST (2020b) ; Nakamura, Muraishi, Hasegawa, Yasumatsu et Takahashi (2020) ; SSAWC (2020)

¹Selon Daanen, Racinais et Périard (2018), il y a perte de 2,5 % des bienfaits de l'acclimatation pour chaque jour sans exposition à la chaleur. Toutefois, la réacclimatation est beaucoup plus rapide. Au Québec, la perte d'acclimatation considérée à partir de 4 jours d'absence (CNESST, 2019).

²Selon le RSST, la température de l'eau doit être comprise entre 10 °C et 15 °C (Règlement sur la santé et la sécurité du travail, 2021).

³Un travailleur qui pratique l'autogestion du rythme de travail est capable d'ajuster sa propre cadence selon les conditions environnementales à condition qu'il soit encadré par un personnel compétent, que les tâches routinières accomplies soient non urgentes et qu'il n'y ait ni incitation financière ni pression excessive de la part de son superviseur ou de ses pairs. Il doit, en outre, être bien formé sur les risques associés à la contrainte thermique, dont la reconnaissance de premiers signes/symptômes de troubles liés à la chaleur, et sur l'intérêt de gérer de manière individuelle son rythme du travail. Cette pratique est considérée comme un moyen efficace pour réduire l'astreinte physiologique lorsqu'appliquée dans ces conditions (Brake et Bates, 2001 ; Malchaire, 2004).

⁴ La capacité de tolérance à la contrainte thermique varie considérablement, même entre individus en bonne santé qui subissent une exposition similaire. Le dépistage de l'intolérance à la chaleur doit être réalisé avant une première exposition puis dans les 6 à 8 semaines suivant, par exemple, un épisode de coup de chaleur. Le test peut être répété 4 à 8 semaines plus tard pour évaluer le diagnostic d'intolérance à la chaleur (Jacklitsch *et al.*, 2016).

⁵La protection solaire demeure essentielle pour limiter les coups de soleil qui peuvent affecter l'habilité de l'organisme à éliminer l'excédent de température et, de ce fait, entraîner une déshydratation (CDC, 2017).

2. OBJECTIFS DE RECHERCHE

L'objectif principal du 2^e volet de cette recherche était de coconstruire des mesures d'adaptation destinées à préserver la santé des travailleurs des 50 professions du Québec les plus à risque vis-à-vis de la hausse des épisodes de fortes chaleurs liée aux CC (ou danger A), et ce en collaboration avec des acteurs clés du secteur de la santé et de la sécurité des milieux de travail concernés. De manière plus spécifique, il s'agissait :

1. De recenser les mesures d'adaptation aux effets du danger A, en place ou recommandées, pour les travailleurs qui exercent les professions (et les emplois qui leur sont associés) ciblées, et ce, aux échelles tant internationale, nationale que provinciale.
2. De discuter et de compléter, au besoin, les mesures d'adaptation recensées dans le cadre d'un premier atelier d'échange et d'identifier de façon préliminaire les mesures d'adaptation pour les professions qui n'en ont pas bénéficié à travers la littérature.
3. Le cas échéant, d'élaborer de nouvelles mesures d'adaptation pour les professions les plus à risque pour lesquelles aucune n'a été recensée.
4. De discuter la pertinence de nouvelles mesures d'adaptation et des modifications proposées à celles déjà existantes dans le cadre d'un deuxième atelier d'échange.

3. MÉTHODOLOGIE

3.1 Recension des mesures d'adaptation pour les professions très à risque vis-à-vis de la hausse des épisodes de fortes chaleurs

Cette recension a consisté à identifier l'ensemble des mesures d'adaptation ou de prévention destinées à préserver la santé et l'intégrité des travailleurs exerçant les professions les plus à risque vis-à-vis de la hausse des épisodes de fortes chaleurs ou danger A. La recherche documentaire a été effectuée à l'aide d'une revue de la littérature scientifique et grise.

3.1.1 Sources documentaires

La revue de la littérature a été réalisée en consultant deux types de sources documentaires :

- a) les bases de données bibliographiques (n = 17), dans le but de recenser les publications scientifiques révisées par les pairs, et
- b) les sources internet englobant la littérature grise issue de nombreux sites Web, notamment d'organismes gouvernementaux, institutionnels ou associatifs, et le moteur de recherche académique Google Scholar, afin d'identifier la littérature scientifique ou technique qui n'aurait pas été indexée ou qui n'était pas répertoriée dans les bases de données bibliographiques.

La recherche documentaire a couvert la période 1980 - 2020, afin d'en maximiser la portée et d'éviter d'exclure des publications relativement anciennes, mais potentiellement pertinentes. Les différentes sources documentaires consultées, incluant les bases bibliographiques, les organismes gouvernementaux ou institutionnels, les organismes à but non lucratif (dont les intérêts sont concentrés entièrement ou en partie dans la SST), les regroupements professionnels et les organisations syndicales, sont détaillées au tableau 4. Les recherches ont été effectuées en deux temps, du 4 au 25 avril 2020 puis du 3 au 31 juillet 2020.

3.1.2 Stratégie de recherche dans les bases de données bibliographiques

A. Concepts majeurs et mots-clés

La question de recherche a été formulée comme suit :

« Quelles sont les mesures d'adaptation actuellement mises en place ou recommandées et destinées à protéger la santé des travailleurs aux effets des épisodes de fortes chaleurs, et ce tant au niveau international, national que provincial ? »

Cette question était volontairement générique de manière à cibler l'ensemble des travailleurs, peu importe les types d'emplois qu'ils occupent et non ceux spécifiquement associés aux professions du Québec identifiées comme étant très à risque pour le

danger A. De plus, étant donné que les effets sanitaires liés aux épisodes de fortes chaleurs ne représentent pas un risque nouveau, inhérent aux CC, ces derniers n'ont pas été inclus dans le libellé de la question de recherche. L'aspect large de la recherche documentaire en augmente la sensibilité, ce qui tend à augmenter le nombre de résultats pertinents.

Cette question a permis de dégager 4 concepts majeurs autour desquels s'est articulée la recherche. Ces concepts sont :

Chaleur - travail - santé - protection

Des listes de mots-clés (constitués de mots et groupes de mots) essentiellement en anglais, traduisant les différents aspects de chacun de ces concepts, ont été établies. Il s'agit d'un ensemble de synonymes ou d'équivalents qui visent à interroger les bases de données bibliographiques de manière à mener une recherche documentaire aussi exhaustive que possible. Des exemples de mots-clés sont présentés au tableau 5.

Certaines bases de données bibliographiques (p. ex., MEDLINE[®], Embase, Pubmed[®] et CINHALL) possèdent également leur propre thésaurus ou MeSH (*Medical Subjects Headings*), répertoire structuré de descripteurs qui, comme leur nom l'indique, permettent de décrire, sans ambiguïtés, les sujets traités dans les articles afin d'en orienter l'indexation. La recherche au sein de ces bases de données a pu être élargie en utilisant différentes listes de mots-clés et de leurs équivalents MeSH, lorsque disponibles. Il était en effet possible de ne pas trouver de MeSH qui correspond à un ou plusieurs mots-clés. Les MeSH ne sont pas donnés en exemple dans le tableau 5, car ils sont spécifiques aux bases de données auxquelles ils appartiennent.

Tableau 4. Sources documentaires consultées pour la revue de la littérature

Bases de données bibliographiques

CAB Abstracts (CABI) ; CINHALL (EBSCO) ; Embase ; Engineering Village; Global Health; LiSSa ; MEDLINE[®]; Pascal and Francis; ProQuest; Pubmed[®]; Références SST ; Science Direct; SCIFinder ; Toxline ; Web of Science; Wiley Online Library; WorldCat

Organismes gouvernementaux ou institutionnels

Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) ; Canadian Centre for Occupational Health and Safety (CCOHS); Centers for Disease Control and Prevention (CDC); Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail (CCHST) ; Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail (CNESST) ; Conseil de la santé et de la sécurité au travail de l'Ontario ; Department of Industrial Relations (État de Californie); Division de la sécurité et de l'hygiène du travail (Manitoba) ; European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA); Environnement et Changements climatiques Canada (ECCC) ; Emploi et Développement social Canada (EDSC) ; Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO); Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) ; Health Safety Executive (HSE); Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) ; Institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS) ; Institut national de recherche et de sécurité (INRS France, Références en santé au travail) ; Institut Robert Sauvé de recherche en santé et en sécurité du travail (IRSST) ; International Labor Organization (ILO); Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec

(MAPAQ) ; Ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS) ; Ministère de la Sécurité publique (MSP) ; Ministère de l'Économie et de l'Innovation du Québec ; Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN) ; Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs ; Ministère des Solidarités et de la Santé (France) ; Ministère des Transports du Québec ; Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) ; Ministère du Travail, de l'Emploi et de la Solidarité sociale (MTESS) ; National Health Services (NHS) ; National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) ; Organization for Economic Co-operation and Development (Organisation de coopération et de développement économiques) (OCDE) ; Occupational Safety and Health Administration (OSHA) ; Ouranos ; Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD) ; Santé Canada (SC) ; Réseau de la santé publique en santé au travail (RSPSAT) ; Réseau de recherche en santé et sécurité du travail du Québec (RRSSTQ) ; Ressources Naturelles Canada (RNC) ; Safe Work Australia (SWA) ; U.S. Environmental Protection Agency (USEPA) ; World Health Organization (WHO)

Organismes à but non lucratif

American Board of Industrial Hygiene (ABIH) ; Association québécoise pour l'hygiène, la santé et la sécurité du travail (AQHST) ; Association paritaire pour la santé et la sécurité du travail, secteur « affaires municipales » (APSAM) ; Association paritaire pour la santé et de sécurité du travail du secteur de la construction (ASP Construction) ; British Occupational Hygiene Society (BOHS) ; Canadian Society of Safety Engineering (CSSE) ; Centre patronal de santé et sécurité du travail du Québec (CPSST) ; CPWR (The Center for Construction Research and Training) ; Infrastructure Health and Safety Association (Ontario) ; Institute for Work & Health (IWH Canada) ; Association sectorielle paritaire pour la santé et la sécurité au travail (MultiPrévention) ; Sun Safety at Work Canada ; VIA Prévention ; Workers' Compensation Board of British Columbia (WorkSafeBC) ; Workers Compensation Board of Prince Edward Island ; Workplace Safety & Prevention Services (WSPS, Ontario)

Regroupements professionnels et syndicats

Association de la construction du Québec (ACQ) ; Association des chefs en service d'incendie du Québec (ACSIQ) ; Association des organismes municipaux de gestion de matières résiduelles (AOMFMR) ; Association des pompiers de Montréal Inc. ; Association des professionnels de la construction France (GIP/Groupement Industriel de la Prescription) ; Association des professionnels de la construction et de l'habitation du Québec (APCHQ) ; Canadian Federation of Agriculture (CFA) ; Canadian Construction Association ; Construction Industry Council Hong Kong ; Forest Resources Association USA ; Solid Waste Association of North America (SWANA) ; Syndicat de la fonction publique du Québec (SFPQ) ; Union des producteurs agricoles (UPA) ; Union des producteurs maraîchers du Québec (UPMQ) ; Utility Workers Union of America (UWUA) ; Western Forestry Contractors' Association (WFCA)

Tableau 5. Exemples de mots-clés utilisés pour interroger les bases de données bibliographiques

	Concept majeur			
	Chaleur	Travail	Santé	Protection
Exemples de mots-clés	Climate change; global warming; chaleur/heat; température* excessive*/hot temperature*; vague* de chaleur*/heat wave*/heatwave*;	Lieu de travail ² /work*; workplace* ¹ ; occupation*; job*; labor, employ*	Health; santé au travail/occupational health; occupational disease; occupational exposure; troubles dus à la chaleur; coup de chaleur; heat illness*; heat stress; heat disorder*; heat exhaustion; heat stroke*	Protect*; adapt*; prevent*; mitigat*; reduc*; adjust*; control*; health risk* management; heat stress prevention; heat stress control

¹Bien que la racine « *work** » pouvait en théorie désigner le mot « *workplace* », ce dernier a toutefois été ajouté en mot-clé parce qu'il augmentait le nombre de résultats obtenus.

²La recherche en français a été effectuée uniquement dans LiSSa, base de données des articles médicaux en langue française.

B. Équations de recherche

En combinant divers mots-clés et MeSH, lorsqu'applicable pour chacun des concepts majeurs, des équations de recherche ont été formulées pour interroger les 17 bases de données bibliographiques. Les mots-clés utilisés étaient essentiellement en anglais, incluant ou non des MeSH, selon la base de données. Le tableau 21 présente l'équation de recherche ayant été exploitée dans MEDLINE[®] et qui associe à la fois des mots-clés et des MeSH. L'ensemble des équations de recherche qui ont servi à interroger les bases de données bibliographiques sont détaillées dans l'annexe A.

Des alertes ont été créées dans les bases de données bibliographiques, lorsque cela était possible, afin de recevoir des notifications par courriel chaque fois que de nouveaux résultats devenaient disponibles. Ces alertes ont été maintenues jusqu'au 30 septembre 2020.

Tableau 6. Exemple d'équation de recherche

Base de données bibliographique	Équation de recherche
MEDLINE®	<p>(Exp Global Warming/ OR Exp Climate Change/OR Exp Hot Temperature/ OR Exp Extreme Heat/ OR "Global Warming" OR "Climate Change" OR Heat OR "Hot Temperature" OR "Extreme Temperature" OR "Urban Heat Island*" OR "Heat Wave*" OR Heatwave*) AND</p> <p>(Exp Work/ OR Exp Occupations/ OR Exp Workplace/ OR Exp Employment/ OR work* OR workplace* OR labour OR labor* OR occupation* OR job* OR employ*) AND</p> <p>(Exp Health/ OR Exp Accidents, Occupational/ OR Exp Occupational Health/ OR Exp Occupational Diseases/ OR Exp Occupational Stress/ OR Exp Occupational Injuries/ OR Exp Occupational Exposure/ OR Exp Heat Exhaustion/ OR Exp Heat Stroke/ OR Health OR "occupational health" OR "occupational exposure" OR "occupational disease*" OR "occupational stress" OR "occupational injury" OR "occupational injuries" OR "occupational disorder*" OR "occupational accident*" OR "occupational hazard*" OR "heat-related illness*" OR "heat illness*" OR "heat stress" OR "heat-related stress" OR "heat disorder*" OR "heat-related disorder*" OR "heat exhaustion" OR "heat-related exhaustion" OR "heat stroke" OR "heat-related stroke" OR "heat injury" OR "heat-related injury" OR "heat injuries" OR "heat-related injuries" OR "job stress" OR "job-related stress") AND</p> <p>(protect* OR adapt* OR prevent* OR mitigat* OR manage* OR reduc* OR adjust* OR control* OR "health risk* mitigation" OR "health risk* management" OR "heat stress mitigation" OR "heat stress reduction" OR "heat stress management" OR "heat stress prevention" OR "heat stress control*")</p>

C. Processus de sélection des publications scientifiques pertinentes

Les résultats, composés des publications scientifiques obtenues en interrogeant les bases de données bibliographiques, ont été tout d'abord exportés dans une librairie EndNote. Après élimination des doublons, la sélection des publications pertinentes a été réalisée en tenant compte de critères d'inclusion et d'exclusion (tableau 7). Les références ont tout d'abord été évaluées pour leur éligibilité par examen du titre et/ou du résumé. Lorsque ces derniers étaient rédigés en français ou en anglais et répondaient à au moins un des autres critères d'inclusion, les références étaient retenues. Elles ont ensuite fait l'objet d'une évaluation pour admissibilité par examen du texte complet. Lorsque celui-ci était libellé dans une autre langue que l'anglais ou le français, la référence était automatiquement exclue.

Seules les références ayant satisfait la totalité des critères d'inclusion ont été regroupées dans la liste des publications incluses afin d'en extraire les données et effectuer une synthèse descriptive des résultats comme présentés plus bas.

Finalement, lorsque de nouveaux résultats devenaient disponibles grâce aux systèmes d'alerte, l'évaluation de l'éligibilité par examen du titre et/ou du résumé était réalisée directement dans le catalogue de références nouvellement indexées dans la base de

données concernée. Si l'ensemble des critères d'inclusion était réuni, elles étaient à leur tour exportées vers EndNote pour intégrer la liste des publications incluses.

Tableau 7. Critères de sélection utilisés pour évaluer les publications scientifiques

Critères d'inclusion	Critères d'exclusion
Références traitant de mesures/stratégies d'adaptation aux effets des épisodes de fortes chaleurs et destinées à protéger la santé des travailleurs associés à une ou plusieurs des 50 professions du Québec identifiées comme y étant très à risque	Références traitant des risques pour la santé des travailleurs associés aux épisodes de fortes chaleurs ou à la chaleur en général
Références traitant de mesures/stratégies d'adaptation aux effets des épisodes de fortes chaleurs et destinées à protéger la santé des travailleurs du secteur de la construction en général même sans mentions du ou des type(s) d'emploi (s) concerné(s)	Références traitant de mesures d'adaptation aux effets des épisodes de fortes chaleurs et destinées à protéger la santé de travailleurs associés à des professions autres que les 50 identifiées comme très à risque au Québec
Mesures d'adaptation bien explicitées déjà mises en place ou recommandées à la suite d'expérimentations en laboratoires ou sur le terrain	Références traitant de mesures d'adaptation aux effets des épisodes de fortes chaleurs destinées à tous les milieux de travail sans désignation des types d'industries et/ou des professions concernés
Revue de la littérature compilant les mesures d'adaptation des milieux de travail aux effets des épisodes de fortes chaleurs*	Texte intégral des références publiées en d'autres langues que le français ou l'anglais
Texte intégral des références en français ou en anglais, quel que soit le pays où elles ont été publiées	Références publiées avant 1980
Références publiées depuis 1980	

*Type de références retenues dans un premier temps uniquement pour en extraire d'éventuels écrits non recensés dans les bases de données bibliographiques interrogées et traitant de mesures d'adaptation aux effets des épisodes de fortes chaleurs destinées à protéger les travailleurs associés à une ou plusieurs des 50 professions identifiées comme y étant très à risque au Québec. Ces revues de la littérature ont été par la suite exclues.

Pour déterminer si la mesure d'adaptation rapportée par une référence examinée pouvait être appliquée à une ou à plusieurs des 50 profession(s) les plus à risque au Québec vis-à-vis du danger A, il était tout d'abord nécessaire d'identifier le ou les secteur(s) industriel(s) concerné(s) dans la publication. Des correspondances étaient ensuite recherchées entre le descriptif du ou des emploi(s) exercé(s) par les travailleurs et celui de l'une ou l'autre des professions très à risque, y compris les titres d'emplois associés,

tels que détaillés dans le site Web fédéral consacré à la Classification nationale des professions (CNP) (voir Gouvernement du Canada, 2020). Pour rappel, une profession est définie comme « *un ensemble d'emplois suffisamment analogues sur le plan du travail exécuté* » pour qu'il soit possible de les regrouper sous un même nom, et ce à des fins de classement. Par ailleurs, un emploi « *englobe toutes les tâches exécutées par un travailleur dans le cadre de ses fonctions* » (Gouvernement du Canada, 2020)

Par exemple, des métiers de la construction impliqués dans le coffrage et les barres d'armature en acier, désignés notamment par « *Rebar Work* » ou « *Bar Bending* » dans les références, pouvaient correspondre à divers titres d'emploi associés à la profession d'aides de soutien des métiers et manœuvres en construction [7611]¹, par exemple « *poseur/poseuse de grillages d'armature en métal* », « *aide-monteur/aide-monteuse de coffrages d'acier* », « *ouvrier/ouvrière à l'installation de coffrages d'acier* » ou encore « *monteur/monteuse de coffrages métalliques* ».

Certains emplois concernés par des publications ont pu être associés à trois différentes professions très à risque. Ainsi, les travailleurs affectés à l'aménagement paysager, mais dont la nature de l'emploi n'est pas détaillée, pouvaient raisonnablement être aussi bien associés à la profession de techniciens/techniciennes et spécialistes de l'aménagement paysager et de l'horticulture [2225] que celle d'entrepreneurs/entrepreneuses et superviseurs/superviseuses des services de l'aménagement paysager, de l'entretien des terrains et de l'horticulture [8255] ou encore de manœuvres en aménagement paysager et en entretien des terrains [8612].

Par ailleurs, étant donné que 13 des 50 professions les plus à risque vis-à-vis du danger A, soit plus du quart, sont liées à l'industrie de la construction, il a été jugé pertinent de retenir toutes les références traitant de mesures d'adaptation destinées à protéger les travailleurs de ce secteur en général, même si les auteurs ne spécifiaient pas les types d'emplois visés.

3.1.3 Stratégie de recherche dans la littérature grise

Afin d'identifier la littérature grise pertinente, la recherche dans les sites Web des divers organismes, regroupements professionnels et syndicats sélectionnés a été effectuée essentiellement en utilisant un ou plusieurs mot(s)-clé(s) lié(s) au concept « *chaleur* », en français et/ou en anglais, associé (s) ou non à un ou plusieurs mot(s)-clé(s) lié(s) au concept « *travail* », et ce, en fonction de la nature de la source documentaire. Lorsque plusieurs mots-clés se rapportant au même concept avaient été exploités, ils étaient liés par l'opérateur booléen « *or/ou* ». Les sites internet de ces sources de littérature grise ne

¹ Les quatre chiffres mis entre crochets qui accompagnent la plupart des professions citées dans ce document représentent le code qui leur est attribué dans la Classification nationale des professions (ou CNP) de 2016.

pouvaient en effet pas supporter des équations longues et complexes, car ils ne présentent pas une puissance analogue à celle des bases de données bibliographiques.

L'évaluation pour inclusion des documents d'intérêt qui ont pu être identifiés à partir de ces sources internet a été réalisée en tenant compte des mêmes critères de sélection que ceux utilisés pour examiner les références issues des bases de données bibliographiques. Le tri des documents a été par ailleurs effectué manuellement. Le texte intégral de ceux qui présentaient une certaine pertinence (page Web d'information, rapport scientifique ou technique) a été analysé directement dans le site internet de l'organisme ou téléchargé. Lorsque jugés admissibles, ces documents ont été ajoutés manuellement dans EndNote pour compléter la liste des publications incluses.

Une recherche complémentaire dans le moteur de recherche Google Scholar a été réalisée en employant différentes équations pour maximiser le nombre de résultats potentiellement pertinents. Ces derniers différaient en effet selon la langue de recherche, le choix des mots-clés combinés et de l'utilisation ou non de la troncature. Les équations exploitées dans Google Scholar sont présentées dans l'annexe A.

Lorsque les titres des références obtenues en interrogeant Google Scholar s'avéraient pertinents, il s'agissait dans un premier temps de vérifier qu'elles ne figuraient pas déjà dans la liste des publications incluses. Dans le cas contraire, les textes intégraux étaient recherchés puis examinés pour en évaluer l'admissibilité. Si tous les critères d'inclusion étaient remplis, les documents étaient exportés automatiquement vers EndNote pour venir compléter la liste des publications incluses. Les pages des résultats dans Google Scholar ont été affichées par pertinence et ont été consultées une à une jusqu'à ce que les titres perdent de leur intérêt pour la recherche.

3.1.4 Stratégie utilisée pour la synthèse des données

3.1.4.1 Extraction et agencement des données

Trois données ont été extraites de chaque publication incluse :

- la ou les profession(s) très à risque concernée(s),
- la ou les mesure(s) d'adaptation rapportée(s) ou décrite(s)
- le lieu de publication de la référence, c'est-à-dire le pays, la région du monde (p. ex., Union européenne) ou la province, pour celles publiées au Canada. Cette donnée avait pour but d'affiner le portrait des publications incluses.

Pour chaque publication incluse, chaque mesure d'adaptation rapportée/décrite a été classée selon sa finalité en 4 catégories distinctes, similaires à celles définies précédemment dans la section 1 (État des connaissances) :

- surveillance de la contrainte thermique et/ou de l'astreinte thermique
- mesures d'ingénierie
- mesures administratives
- mesures de protection personnelle

Ces 4 catégories se sont en effet imposées, car certaines publications incluses n'en ont abordé qu'une seule. Par exemple, des auteurs ne se sont intéressés qu'à l'élaboration de stratégies inédites de surveillance de la contrainte thermique ou encore de l'astreinte thermique. D'autres, en revanche, se sont concentrés sur le développement ou la bonification d'une mesure d'ingénierie, d'une mesure administrative ou encore de protection personnelle en particulier.

3.1.4.2 Synthèse descriptive des données

Pour chaque profession ou pour un groupe de professions très à risque pour le danger A, un tableau synthèse a été généré pour décrire l'ensemble des mesures d'adaptation recensées. Comme expliqué plus haut, un même emploi concerné par une publication incluse pouvait en effet correspondre à différentes professions très à risque. Par exemple, un seul tableau synthèse a été composé pour les trois professions suivantes : techniciens/techniciennes et spécialistes de l'aménagement paysager et de l'horticulture [2225], les entrepreneurs/entrepreneuses et superviseurs/superviseuses des services de l'aménagement paysager, de l'entretien des terrains et de l'horticulture [8255] et manœuvres en aménagement paysager et en entretien des terrains [8612].

Dans chaque tableau synthèse, les mesures d'adaptation ont été présentées par catégorie qui à leur tour était détaillée par action(s) considérée(s) telle(s) que rapportée(s) ou décrite(s) par une ou plusieurs publications incluse(s). Pour une même catégorie de mesures, plusieurs références pouvaient effectivement proposer des actions similaires. Par exemple, l'utilisation de ventilateurs de refroidissement et l'aménagement d'espaces avec air conditionné comme mesures d'ingénierie destinées à la profession de pompiers/pompières [4312] ont été recommandés par 6 publications incluses distinctes.

3.2 Premier atelier d'échange : discussion des mesures d'adaptation recensées dans la littérature

Afin de discuter et de compléter, le cas échéant, les mesures d'adaptation recensées à travers la revue de la littérature, un premier atelier d'échange virtuel d'une durée de 2 heures et 30 minutes a été organisé le 27 janvier 2021 et a réuni le groupe de recherche et des représentants de parties prenantes.

Ce 1^{er} atelier a rassemblé 17 personnes incluant les 5 membres du groupe de recherche, une conseillère en valorisation de la recherche de l'IRSST et 11 représentants de différentes parties prenantes affiliées à divers organismes et dont certaines sont également membres du comité de suivi qui avait été constitué pour le suivi de cette étude. La sélection de ces représentants pour la tenue de cet atelier a été établie sur la base de leur expertise dans le domaine de la santé et de sécurité du travail et de leur connaissance des spécificités des milieux de travail auxquelles sont associées les professions très à risque pour la hausse des épisodes de fortes chaleurs liée aux CC (danger A). Les représentants de parties prenantes étaient membres de différents organismes gouvernementaux, d'organisations syndicales, d'associations à but non lucratif ou d'une entreprise privée. Il s'agissait plus spécifiquement de :

- l'Association des pompiers de Montréal (ADPM) ;
- l'Association des producteurs maraîchers du Québec (APMQ) ;
- l'Association paritaire pour la santé et la sécurité du travail, secteur « affaires municipales » (APSAM), section sécurité incendie ;
- l'Association paritaire pour la santé et la sécurité du travail, secteurs du transport et de l'entreposage (Via Prévention) ;
- l'Association paritaire pour la santé et la sécurité du travail du secteur de la construction (ASP Construction) ;
- la Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail (CNESST), volet contrainte thermique ;
- la Confédération des syndicats nationaux (CSN), section de la sidérurgie
- Rio Tinto Fer et Titane (RTFT), secteur de la sidérurgie-fonderie ;
- le Service des incendies de la ville de Québec ;
- l'Union des producteurs agricoles (UPA).

Avant la tenue de ce premier atelier, chacun des participants avait reçu par courriel des documents de synthèse relatifs aux résultats de la revue de la littérature. Cette documentation comportait une description détaillée des mesures d'adaptation classées par catégorie, et ce, pour chacune des professions très à risque pour le danger A qui ont en bénéficié. Le but consistait à fournir aux différents participants le temps de se préparer pour la rencontre.

Lors de ce premier atelier, un membre du groupe de recherche a effectué une présentation dont l'objet était de rappeler, dans un premier temps, les résultats obtenus au terme du 1^{er} volet de la recherche, soit l'identification des 50 professions du Québec les plus à risque vis-à-vis du danger A, puis d'exposer ceux issus de la revue la littérature, incluant la liste des professions très à risque pour le danger A pour lesquelles aucune mesure d'adaptation n'a été recensée (comme présenté dans la section 4.3 des résultats, certaines professions très à risque pour le danger A n'ont en effet pas bénéficié de mesures d'adaptation à travers la littérature).

Une séance d'échanges et de discussion avec les différents représentants de parties prenantes a été ensuite entamée, portant sur :

- la pertinence et la justesse des mesures d'adaptation recensées ;
- les possibilités pour les différents représentants de corriger voire de compléter ces mesures ;
- l'identification, de manière préliminaire, des besoins en mesure d'adaptation pour les professions très à risque qui n'en avait pas bénéficié à travers la revue de la littérature.

3.3 Élaboration de nouvelles mesures d'adaptation

Cette étape de la recherche s'est avérée nécessaire étant donné que certaines professions très à risque pour le danger A, comme mentionné précédemment, n'ont pas bénéficié de mesures d'adaptation par le biais de la revue de la littérature. Comme on le verra plus loin dans ce document, la durée du premier atelier d'échange n'avait, en outre, pas permis de jeter les bases pour de nouvelles mesures destinées à ces professions orphelines.

Afin d'élaborer d'autres mesures d'adaptation, le choix s'est porté sur une approche par association qui a consisté à puiser au sein de celles recensées dans la littérature en évaluant les possibilités de les appliquer intégralement ou en partie aux professions pour lesquelles aucune n'avait été identifiée. À cette fin, des similitudes ont été recherchées entre les professions ayant bénéficié de mesures et celles qui en étaient dépourvues, et ce, en matière de secteur industriel, de domaine professionnel, de certaines fonctions/tâches exécutées ou encore d'environnement et de conditions de travail (p. ex., type d'établissement de travail, milieu de travail en extérieur ou fermé, présence de source de chaleur radiante). Par exemple, les mesures d'adaptation qui ont été recensées pour les ouvriers/ouvrières de fonderie [9412] et les manœuvres dans le traitement des métaux et des minerais [9611] pouvaient être appliquées aux opérateurs/opératrices de poste central de contrôle et de conduite de procédés industriels dans le traitement des métaux et des minerais [9231] et aux opérateurs/opératrices de machines à former et à finir le verre et coupeurs/coupeuses de verre [9413] étant donné que ces deux dernières professions sont exercées dans des environnements de travail similaires aux deux premières, c'est-à-dire un milieu fermé comportant diverses sources de chaleur radiante, notamment des fours et des matières en fusion.

Pour certaines professions très à risque pour lesquelles des mesures d'adaptation avaient été recensées par la littérature, les possibilités de compléter ces dernières en utilisant cette approche par association ont également été évaluées par le groupe de recherche. Par exemple, étant donné le lien de la profession de charpentiers-menuisiers/charpentières-menuisières [7271] avec le secteur de la construction, il a été jugé pertinent d'ajouter à l'unique mesure d'adaptation qui lui a été recommandée toutes celles ayant été documentées pour les travailleurs de ce secteur d'activité en général.

3.4 Deuxième atelier d'échange : discussion de nouvelles mesures d'adaptation élaborées par le groupe de recherche

Un deuxième atelier d'échange virtuel s'est tenu le 5 mai 2021 d'une durée de 2 heures et 30 minutes et a réuni sensiblement les mêmes intervenants que ceux qui étaient présents lors de la première rencontre. Cet atelier a tout d'abord débuté par une présentation effectuée par un des membres du groupe de recherche afin de rappeler brièvement aux participants les principaux résultats du 1^{er} volet de la recherche et ceux de la revue de la littérature puis d'exposer les mesures d'adaptation nouvellement élaborées ainsi que

celles proposées pour en compléter certaines déjà recensées. À la fin de la présentation, une séance d'échanges et de discussion avec les différents représentants de parties prenantes a porté sur :

- la pertinence et la justesse de nouvelles mesures d'adaptation mises en avant par le groupe de recherche et destinées aux professions très à risque qui n'en avaient pas bénéficié à travers la littérature ;
- de possibles mesures d'adaptation inédites que pouvaient proposer les représentants de parties prenantes pour ces mêmes professions ;
- le bien-fondé des mesures d'adaptation identifiées par le groupe de recherche comme susceptibles de venir enrichir celles déjà recensées pour certaines professions très à risque.

Bien que l'objectif principal de cet atelier ait été axé sur les nouvelles mesures d'adaptation, il a également été l'occasion de sonder les représentants des diverses parties prenantes sur les possibilités de corriger voire de compléter les mesures d'adaptation recensées dans la littérature et sur d'éventuels besoins en aménagements réglementaires en vue d'améliorer la protection des travailleurs du Québec dans un contexte de hausse des épisodes de fortes chaleurs liée aux CC.

4. RÉSULTATS ET DISCUSSION

4.1 Résultats de la revue de la littérature

4.1.1 Résultat du processus de sélection des publications pertinentes

La consultation des 17 bases de données bibliographiques a permis d'identifier 24 358 références. Les résultats détaillés par base de données sont présentés dans l'annexe B. Après élimination des doublons, 11 816 références ont pu être évaluées pour éligibilité par examen du titre et/ou du résumé. Seules 213 références ont été retenues, 191 pour admissibilité par examen du texte complet et 22 revues de la littérature pour y extraire des références pertinentes non détectées.

Sur les 191 références, 111 ont été finalement admises auxquelles sont venues s'ajouter 16 autres publications : 8 extraites après examen des 22 revues de la littérature, 3 identifiées dans des publications incluses, 5 issues des alertes créées dans les bases de données bibliographiques.

La consultation des sources internet a permis de repérer 35 documents d'intérêt dont 22 provenaient de la littérature grise et 13 de Google Scholar. En définitive, 162 publications ont été incluses pour l'extraction des données et la synthèse descriptive subséquente. Les différentes étapes relatives à la recherche et à la sélection de publications pertinentes sont illustrées dans la figure 2.

4.1.2 Portrait des publications incluses

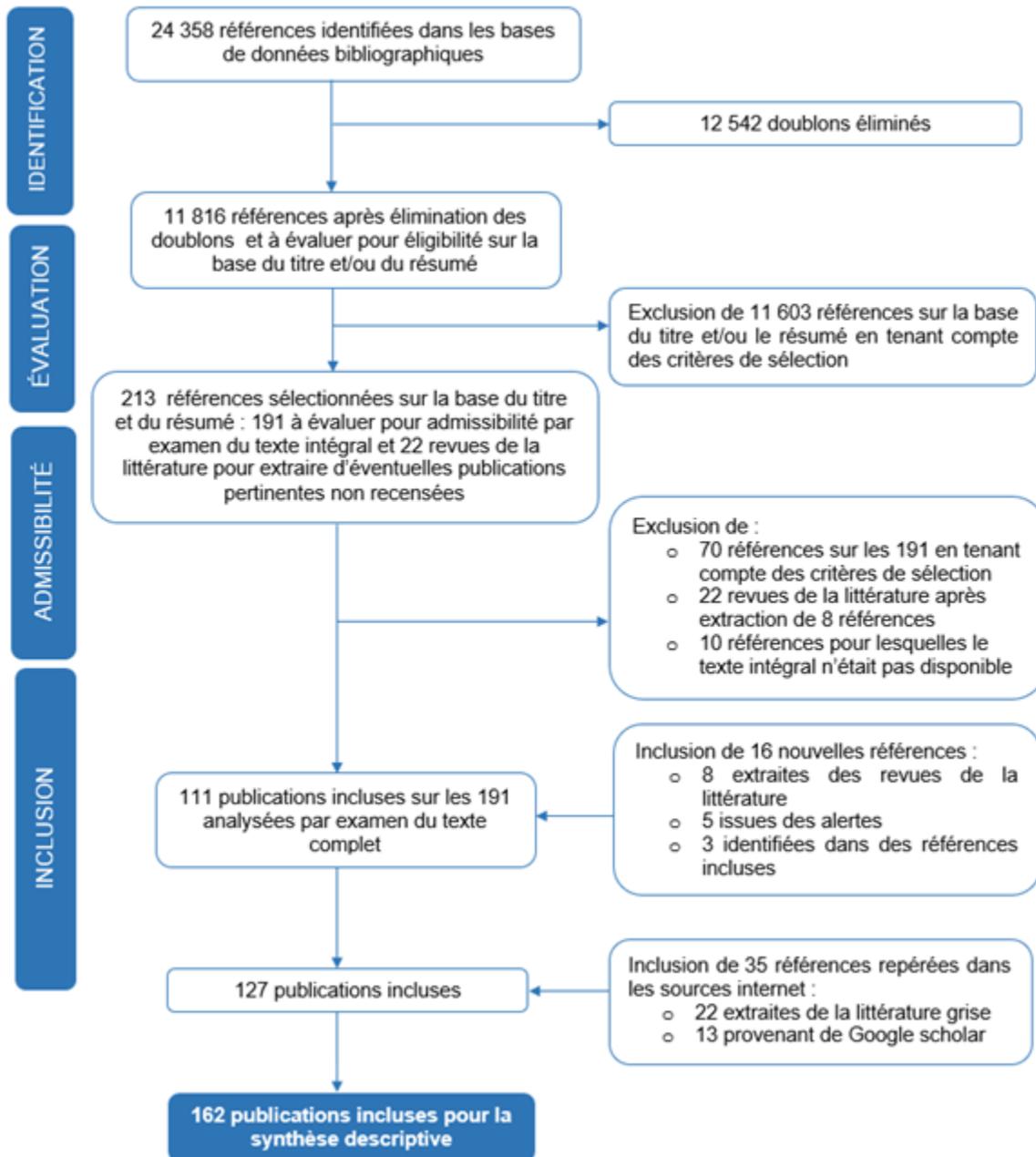
Les documents retenus ont été essentiellement publiés dans les années 2000, dont 126, soit un peu plus des trois-quarts, entre 2010 et 2020. Les États-Unis sont le pays à l'origine du plus grand nombre de publications (45), suivi de l'Europe (28), Hong Kong (20), le Canada (19, dont 12 issues du Québec), l'Australie (13) et le Japon (11). Ces pays sont caractérisés par des climats globalement tempérés à l'exception de ceux de l'Australie, essentiellement subtropical à désertique et de Hong Kong, de type subtropical.

Professions les plus à risques concernées par les mesures d'adaptation recensées

Parmi les 162 publications incluses, 18 ont traité de mesures d'adaptation aux épisodes de fortes chaleurs pour les travailleurs du secteur de la construction en général, sans mentions du ou des type(s) d'emploi(s) visé(s). Sur ces 18 publications, deux ont néanmoins également concerné les professions d'ouvriers/ouvrières agricoles et de manœuvres à la récolte. Comme expliqué dans la section méthodologie, la pertinence de retenir ces publications se justifie par le fait que 26 %, soit plus du quart, des professions du Québec les plus à risque pour le danger A sont associées au secteur de la construction. À noter que les professions sont citées dans cette section sans leur code CNP pour alléger le texte.

En fin de compte, 148 publications ont permis de documenter des mesures d'adaptation ciblant des emplois qu'il a été possible de faire correspondre à 24 des 50 professions du Québec très à risque vis-à-vis du danger A. Le tableau 8 présente ces 24 professions et le nombre de publications incluses ayant traité des mesures d'adaptation qui peuvent leur être appliquées.

Figure 2. Illustration du processus de recherche et de sélection des publications pertinentes.



Le nombre total des publications dans le tableau 8 dépasse 148, car certaines pouvaient viser plusieurs professions. Par exemple, 3 publications ont abordé des mesures d'adaptation qui pouvaient s'adresser aussi bien à la profession de conducteurs/conductrices de machines d'abattage d'arbres que celles d'ouvriers/ouvrières en sylviculture et en exploitation forestière ou encore de manœuvres de l'exploitation forestière. Les métiers concernés par les mesures décrites dans ces trois publications incluses correspondaient, en effet, à des titres d'emploi que l'on retrouvait dans ces trois professions distinctes. De même que 25 publications retenues ont traité des mesures d'adaptation destinées tant à la profession d'ouvriers/ouvrières agricoles qu'à celle de manœuvre à la récolte.

La profession de pompiers/pompières est celle pour laquelle le plus grand nombre de publications incluses ont été recensées (63), suivie de la profession d'aides de soutien des métiers et manœuvres en construction (29) puis des professions d'ouvriers/ouvrières agricoles et de manœuvres à la récolte (25). En revanche, peu à très peu de publications ont concerné les professions d'ouvriers/ouvrières de fonderie et de manœuvres dans le traitement des métaux et des minerais (7), de cuisiniers/cuisinières (4), de briqueteurs-maçons/briqueteuses-maçonnnes (3) ou encore du personnel de blanchisseries et d'établissements de nettoyage à sec et personnel assimilé (1).

Tableau 8. Professions très à risque vis-à-vis du danger A pour lesquelles des mesures d'adaptation ont été recensées, taille de leur effectif et nombre de publications incluses les concernant

Code CNP	Nom de la profession	Effectif ¹	Nombre de publications incluses
2225	Techniciens/techniciennes et spécialistes de l'aménagement paysager et de l'horticulture	4 405	6
4312	Pompiers/pompières	5 840	63
6322	Cuisiniers/cuisinières	54 695	4
6741	Personnel de blanchisseries et d'établissements de nettoyage à sec et personnel assimilé	1 800	1
7244	Monteurs/monteuses de lignes électriques et de câbles	2 195	3
7271	Charpentiers-menuisiers/charpentières-menuisières	33 105	2
7281	Briqueteurs-maçons/briqueteuses-maçonnnes	4 715	3
7442	Personnel d'entretien des canalisations d'eau et de gaz	175	2
7511	Conducteurs/conductrices de camions de transport	49 430	2

Code CNP	Nom de la profession	Effectif ¹	Nombre de publications incluses
7521	Conducteurs/conductrices d'équipement lourd (sauf les grues)	11 660	2
7611	Aides de soutien des métiers et manœuvres en construction	21 840	29
7612	Autres manœuvres et aides de soutien de métiers ²	1 375	3
7621	Manœuvres à l'entretien des travaux publics	8 710	4
8241	Conducteurs/conductrices de machines d'abattage d'arbres	970	3
8255	Entrepreneurs/entrepreneuses et superviseurs/superviseuses des services de l'aménagement paysager, de l'entretien des terrains et de l'horticulture	2 775	6
8421	Opérateurs/opératrices de scies à chaîne et d'engins de débardage	1 335	2
8422	Ouvriers/ouvrières en sylviculture et en exploitation forestière	1 150	3
8431	Ouvriers/ouvrières agricoles	18 275	25
8432	Ouvriers/ouvrières de pépinières et de serres	1 845	1
8611	Manœuvres à la récolte	495	25
8612	Manœuvres en aménagement paysager et en entretien des terrains	12 085	6
8616	Manœuvres de l'exploitation forestière	480	3
9412	Ouvriers/ouvrières de fonderies	1 520	7
9611	Manœuvres dans le traitement des métaux et des minerais	1 560	7

CNP, Classification nationale des professions

¹Selon le recensement de 2016 (Statistiques Canada, 2020) et au sein des 38 du Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN) qui avaient été retenues pour l'identification des professions du Québec les plus à risque vis-à-vis du danger A (se reporter au tome 1 de ce rapport).

²Pour cette profession, seuls les emplois impliqués dans l'installation/montage des câbles électriques, correspondant, par exemple, au titre d'emploi d'« aide-installateur/aide-installatrice de réseaux de câbles électriques », sont concernés.

Le tableau 9 présente, quant à lui, les 26 professions parmi les 50 très à risque vis-à-vis du danger A pour lesquelles aucune mesure n'a pu être documentée par la revue de la littérature.

Tableau 9. Professions les plus à risque pour le danger A pour lesquelles aucune mesure d'adaptation n'a été recensée et taille de leur effectif

Code CNP	Nom de la profession	Effectif*
0821	Gestionnaires en agriculture	24 245
6532	Guides d'activités récréatives et sportives de plein air	200
6732	Nettoyeurs spécialisés/nettoyeuses spécialisées	6 540
7204	Entrepreneurs/entrepreneuses et contremaîtres/contremaîtresses en charpenterie	1 690
7205	Entrepreneurs/entrepreneuses et contremaîtres/contremaîtresses d'autres métiers de la construction et des services de réparation et d'installation	3 945
7231	Machinistes et vérificateurs/vérificatrices d'usinage et d'outillage	2 130
7245	Monteurs/monteuses de lignes et de câbles de télécommunications	770
7282	Finisseurs/finisseuses de béton	1 960
7291	Couvreurs/couvreuses et poseurs/poseuses de bardeaux	4 055
7522	Conducteurs/conductrices de machinerie d'entretien public et personnel assimilé	4 180
8222	Entrepreneurs/entrepreneuses et surveillants/surveillantes du forage et des services reliés à l'extraction de pétrole et de gaz	30
8232	Foreurs/foreuses et personnel de mise à l'essai et d'autres services reliés à l'extraction de pétrole et de gaz	60
8252	Entrepreneurs/entrepreneuses de services agricoles, surveillants/surveillantes d'exploitations agricoles et ouvriers spécialisés/ouvrières spécialisées dans l'élevage	1 450
8412	Personnel du forage et de l'entretien des puits de pétrole et de gaz et personnel assimilé	95
8615	Manœuvres de forage et d'entretien des puits de pétrole et de gaz, et personnel assimilé	335
9211	Surveillants/surveillantes dans la transformation des métaux et des minerais	1 400
9212	Surveillants/surveillantes dans le raffinage du pétrole, dans le traitement du gaz et des produits chimiques et dans les services d'utilité publique	1 025
9213	Surveillants/surveillantes dans la transformation des aliments et des boissons	3 495
9231	Opérateurs/opératrices de poste central de contrôle et de conduite de procédés industriels dans le traitement des métaux et des minerais	190
9413	Opérateurs/opératrices de machines à former et à finir le verre et coupeurs/coupeuses de verre	125

Code CNP	Nom de la profession	Effectif*
9414	Opérateurs/opératrices de machines dans le façonnage et la finition des produits en béton, en argile ou en pierre	375
9421	Opérateurs/opératrices d'installations de traitement des produits chimiques	345
9422	Opérateurs/opératrices de machines de traitement des matières plastiques	265
9423	Opérateurs/opératrices de machines de transformation du caoutchouc et personnel assimilé	300
9612	Manœuvres en métallurgie	865
9613	Manœuvres dans le traitement des produits chimiques et les services d'utilité publique	555

CNP, Classification nationale des professions

*Selon le recensement de 2016 (Statistiques Canada, 2020) et au sein des 38 industries SCIAN qui avaient été retenues pour l'identification des professions du Québec les plus à risque vis-à-vis du danger A (se reporter au tome 1 de ce rapport).

Catégories de mesures d'adaptation recensées

Les 162 publications incluses n'ont pas nécessairement traité des quatre catégories de mesures d'adaptation. Une grande majorité (109 sur 162, soit près de 70 %) n'en a abordé qu'une seule. Plus de la moitié de ces publications (57 sur 109) se sont concentrées sur les mesures de protection personnelle. Douze ont néanmoins rapporté les 4 catégories de mesures d'adaptation. Elles concernent essentiellement les travailleurs du secteur de la construction en général (Echt, Earnest, Garza et Socias-Morales, 21 mai 2020 ; McLachlan et Aenchbacher, 2002 ; McDonald, Shanks et Fragu, 2008 ; Jackson et Rosenberg, 2010 ; Construction Industry Council Hong Kong, 2019 ; IHSA, 2019 ; ASP Construction, 2020) et les professions d'ouvriers/ouvrières agricoles et de manœuvres à la récolte (Jackson et Rosenberg, 2010 ; Morris *et al.*, 2018 ; Luque *et al.*, 2019 ; UPA, 2020).

Les mesures de protection personnelle ont été, par ailleurs, celles qui ont été les plus recensées parmi l'ensemble des 162 publications incluses puisque la moitié d'entre elles (81) ont été proposées ou recommandées, majoritairement en matière d'habillement adapté (34) et de vestes de refroidissement (30). Les mesures administratives viennent en deuxième position avec 75 références qui ont été traitées, suivies de la surveillance de la contrainte thermique et/ou de l'astreinte thermique (67) et enfin les mesures d'ingénierie (25).

Surveillance de la contrainte thermique et/ou de l'astreinte thermique

L'indice WBGT a été le plus préconisé pour la surveillance de la contrainte thermique. Des auteurs ont néanmoins développé des modèles destinés à raffiner la portée de cet indice afin de mieux prédire l'astreinte thermique et de prévenir davantage les risques liés à la chaleur. Wang, S. W. et al. (2019) ont suggéré, par exemple, un indice WBGT « personnel » basé sur la température mesurée à l'aide d'un thermomètre portable inséré dans les chaussures des travailleurs. Celle-ci était incorporée à d'autres variables environnementales fournies par la station météorologique la plus proche du lieu de travail. Cette mesure a été recensée, entre autres, pour la profession de manœuvres en aménagement paysager et en entretien des terrains et a permis de constater que l'indice WBGT « personnel » indiquait plus de pourcentages d'heures de travail qui dépassent les valeurs limites d'exposition à la chaleur, comme établies par l'ACGIH TLV®, comparativement à l'indice WBGT conventionnel.

Un autre exemple est celui du modèle mathématique de gestion améliorée de la contrainte thermique, tel que développé par Chan, Yam, Chung et Wen (2012a), et qui combine l'indice WBGT à une surveillance de l'astreinte thermique par la mesure de la fréquence cardiaque (FC). Ces deux paramètres sont associés à d'autres indicateurs, dont l'indice de pollution, des variables personnelles (âge, consommation d'alcool/tabac) et la durée du travail. L'objectif est de pouvoir établir de manière plus scientifique la charge de travail et, de ce fait, la capacité du travailleur à continuer ou non sa tâche. Ce modèle, recensé pour la profession d'aides de soutien des métiers et des manœuvres de la construction, permettrait d'affiner la prédiction de l'astreinte thermique et de déterminer des alternances travail/repos plus appropriées. Finalement, Dubé, Imbeau, Dubeau et Auger (2019) ont également surveillé en continu la FC des travailleurs forestier, exerçant notamment la profession de manœuvres de l'exploitation forestière, pour une meilleure estimation du métabolisme du travail (ou charge de travail) sans avoir à utiliser la consommation d'oxygène. Le métabolisme de travail constitue un paramètre fondamental pour établir des cycles travail/repos basés sur les seuils WBGT réglementaires.

Des auteurs se sont aussi intéressés à améliorer l'évaluation d'autres indices de contrainte thermique, entre autres l'indice de chaleur et le modèle PHS. Uejio et al. (2018) ont, par exemple, calculé l'indice de chaleur à l'aide d'un appareil de mesure portable (*iButton*®) disposé dans la ceinture ou la poche du chandail du travailleur pour relever la température et l'humidité relative personnelles, soit dans son environnement immédiat. Cette mesure a été notamment recensée pour la profession de manœuvres en aménagement paysager et en entretien des terrains et permettait une évaluation plus juste de l'ambiance thermique chaude à laquelle sont exposés les travailleurs. Rowlinson et Jia (2014) ont, pour leur part, développé deux outils de gestion de la contrainte thermique pour les travailleurs du secteur de la construction qui permettraient d'optimiser, pour l'un, les alternances travail/repos et pour l'autre, les pratiques du travail, dont l'encouragement à l'autogestion du rythme de travail dans les conditions environnementales sévères. Ces outils sont basés sur des valeurs seuils WBGT calculées par les auteurs grâce à l'application du modèle PHS à son plein potentiel.

Les stratégies de surveillance de l'astreinte thermique, comme rapportées dans les publications incluses qui en ont abordé, font principalement appel à la mesure d'un ou de plusieurs indicateurs physiologiques, en particulier la FC, la température corporelle et le niveau d'hydratation (ou perte hydrique). Par exemple, Dessureault et Tellier (2008) recommandent l'autosurveillance de la FC à l'aide de montres intelligentes pour les jeunes travailleurs du Québec affectés aux activités d'engrangement du foin et qui sont associés aux professions d'ouvriers/ouvrières agricoles et de manœuvres à la récolte. Cette mesure s'accompagnait de la surveillance de la température buccale et de l'évaluation du niveau d'hydratation par la pesée des travailleurs avant et après le quart de travail. Espinoza (2008) et Brearley *et al.* (2011) ont de même préconisé la mesure continue de divers indicateurs physiologiques pour la profession de pompiers/pompières, incluant le suivi de la FC et de la température interne (au moyen de capsule thermique) durant les activités et la phase de repos (ou réhabilitation), et l'appréciation du niveau d'hydratation par la pesée des travailleurs avant et après les opérations d'extinction des feux.

Des stratégies innovantes de surveillance de l'astreinte thermique ont également été mises en avant. Par exemple, Hunt, Stewart et Billing (2019), ont proposé pour la profession de pompiers/pompières un indice de stress prédit adapté ou aPSI (*Adaptive Physiological Strain Index*) quelque peu différent du modèle PSI original. L'aPSI intègre en effet les données de températures interne (gastro-intestinale) et cutanée au lieu de la température rectale. Cette méthode a permis de prédire de manière plus précise le niveau maximal d'astreinte thermique atteint et à identifier les individus qui vont approcher ou vont dépasser la température corporelle limite établie à 38-38,5 °C et non pas de 39,5 °C comme dans le modèle PSI original. Hwang et Lee (2017) et Ueno *et al.* (2018) ont, quant à eux, suggéré la surveillance continue de la FC à l'aide de moniteurs portables afin de calculer la FC de réserve (% *HRR* ou *Heart Rate Reserve*) qui représente la différence entre la FC maximale et celle au repos. Cette donnée est en effet considérée comme étant un bon indicateur de charge de travail élevée susceptible d'entraîner un déséquilibre thermique, car elle est concentrée uniquement sur la variation de FC induite par l'action combinée de la chaleur et de l'activité physique sans influence des différences interindividuelles (âge, maladies sous-jacentes, etc.) Cette mesure, recensée pour la profession d'aides de soutien des métiers et des manœuvres de la construction, permettrait de mieux réorganiser le travail, entre autres une plus grande flexibilité au niveau des alternances travail/repos avec des pauses plus fréquentes et plus courtes pour les tâches physiquement exigeantes (Hwang et Lee, 2017 ; Ueno *et al.*, 2018).

Kosuda *et al.* (2019) ont, pour leur part, proposé une technique inédite de surveillance de la perte hydrique pour les travailleurs du secteur de la construction en général. Elle est basée sur un système de mesure à distance et en temps réel de la température corporelle et de l'humidité à l'aide de capteurs intégrés au casque de protection. Le but est de calculer la quantité d'eau évaporée qui serait équivalente à la perte de poids associée au déficit hydrique. Les données sans fil sont acheminées vers un ordinateur portable qui les analyse et émet une alerte dès que la perte d'eau dépasse 1,5 % du poids initial indiquant

qu'une pause est requise pour protéger le travailleur de la déshydratation (Kosuda *et al.*, 2019).

Des auteurs ont aussi développé des systèmes d'alerte précoce d'astreinte thermique élevée combinant sa surveillance à celle de la contrainte thermique. Ces modèles associent, par exemple, des équipements intelligents de mesure en temps réel de l'indice WBGT et de la FC (p. ex., capteurs au poignet) à la technologie de communication sans fil afin de transmettre des alertes sur les cellulaires des travailleurs et des superviseurs (Yi *et al.*, 2016 ; Takebayashi *et al.*, 2020). Cette mesure, recensée pour la profession d'aide de soutien des métiers et manœuvre de la construction, permet également une géolocalisation plus rapide des travailleurs à risque et leur retrait immédiat, le cas échéant.

Mesures d'ingénierie

Le recours à des ventilateurs électriques et à des espaces fermés avec air conditionné fait partie des mesures d'ingénierie les plus recommandées. Des auteurs ont néanmoins proposé des mesures originales, par exemple des tondeuses à gazon munies d'ombrières (Wang, S. W. *et al.*, 2019) à mettre à la disposition des travailleurs qui exercent, notamment, la profession de techniciens/techniciennes et spécialistes de l'aménagement paysager et de l'horticulture. Une des mesures d'ingénierie recensée pour les professions d'ouvriers/ouvrières agricoles et de manœuvres à la récolte consiste à utiliser des auvents mobiles dotés d'une station d'hydratation (Luque *et al.*, 2019) ou encore des remorques adaptées équipées d'ombrières (servant d'abri mobile) et pourvues d'eau potable et de toilettes (Jackson et Rosenberg, 2010).

Mesures administratives

Les mesures administratives rapportées impliquent généralement la mise en application conjointe d'actions diverses, dont la formation/sensibilisation sur les risques liés à la chaleur qui tient compte des spécificités culturelles et linguistiques du personnel, des programmes d'acclimatation selon le niveau d'expérience des travailleurs et de réacclimatation après quelques jours d'absence, des protocoles d'hydratation plus rigoureux comprenant un accès facilité à l'eau et le recours aux boissons pour sportifs en cas de besoin, une réorganisation des pratiques et des horaires de travail afin de réduire sa charge et le temps d'exposition. Ces mesures intègrent également la surveillance de la santé des travailleurs, incluant l'évaluation médicale préliminaire pour le dépistage de toute intolérance à la chaleur, la présence d'équipes médicales pour le suivi en continu sur le terrain, la surveillance mutuelle et l'autosurveillance ainsi que l'administration de premiers soins de secours.

Des auteurs se sont néanmoins concentrés sur une action particulière, par exemple des séances de formation au contenu plus explicite et plus performant sur les risques liés à la contrainte thermique pour les travailleurs du secteur de la construction en général (El-Shafei, Bolbol, Awad Allah et Abdelsalam, 2018) ou l'hydratation à volonté (*ad libitum*)

pour la profession de pompiers/pompières (Raines, Snow, Nichols et Aisbett, 2015). Des mesures administratives inédites ont aussi été préconisées, par exemple, un programme d'acclimatation pour la profession de pompiers/pompières sous forme d'exercices aérobiques (*stepping*) avant et après chaque intervention (Takeda *et al.*, 2019) ou des approches multiniveaux relatives aux pratiques de travail, recensées pour les professions d'ouvriers/ouvrières agricoles et de manœuvres à la récolte, et visant la réduction de la charge et du rythme des tâches selon l'habillement et la présence ou non d'air conditionné dans les aires de repos (Tigchelaar, Battisti et Spector, 2020).

Mesures de protection personnelle

Des formules innovantes ont également été suggérées par des auteurs. Par exemple, une veste de refroidissement hybride servant aussi de système personnel d'hydratation (Kim, D.-H., Bae et Lee, 2020) ou le prérefroidissement, par ingestion de 500 ml de glace pilée (*Ice Slurry* ou Sloche) 15 à 30 min avant le début du travail (Pryor, Suyama, Guyette, Reis et Hostler, 2015), ont été proposés pour la profession de pompiers/pompières. Une des mesures de protection personnelle recensée pour la profession d'aides de soutien des métiers et des manœuvres de la construction consiste en un uniforme de travail ample et léger conçu spécialement pour la contrainte thermique, car son tissu respirant favorise un microclimat confortable (Chan, Yang, Wong, Chan et Lam, 2015). Gilewicz, Cichocka et Frydrych (2016) ont, quant à eux, développé un sous-vêtement à haut niveau d'isolation thermique et de perméabilité améliorée à l'air et à la vapeur d'eau pour les travailleurs qui exercent les professions d'ouvriers/ouvrières de fonderies et de manœuvres dans le traitement des métaux et des minerais.

La combinaison de plusieurs mesures de protection personnelle a également été préconisée pour augmenter leur efficacité à mieux préserver la santé des travailleurs exposés à une contrainte thermique élevée. Par exemple, McLachlan et Aenchbacher (2002) suggèrent de mettre à la disposition des monteurs de lignes électriques aussi bien des vestes de refroidissement que des systèmes personnels d'hydratation (p. ex., sacs à dos adaptés équipés de réservoirs isothermes d'eau et munis d'un embout buccal et de valve de protection) en plus de les encourager à porter un habillement adapté (p. ex., vêtements à propriété réfléchive) et d'utiliser la technique du vêtement mouillé pour se rafraîchir.

4.1.3 Synthèse descriptive des résultats

Les tableaux 10 à 25 présentent la synthèse des mesures d'adaptation recensées pour les 24 professions les plus à risque pour le danger A qui en ont bénéficié à travers la revue de la littérature, tandis que le tableau 26 est consacré à celles visant les travailleurs du secteur de la construction de manière générale. Les auteurs de ces publications retenues ne spécifient pas, en effet, le ou les type(s) d'emploi(s) concerné(s). Pour la très grande majorité des 24 professions (22/24), les mesures documentées concernent trois ou quatre catégories. La profession de charpentiers-menuisiers/charpentières-menuisières (tableau 15) est la seule pour laquelle une seule catégorie de mesure a été

documentée, en l'occurrence de protection personnelle sous forme d'un habillement adapté.

À noter que le lecteur peut se référer, au besoin, aux tableaux 1 et 2 de ce document pour tout ce qui concerne les définitions et les modalités d'évaluation des indices de surveillance de la contrainte thermique et ceux relatifs au suivi de l'astreinte thermique, respectivement, et qui sont rapportés dans la plupart des tableaux synthèses qui suivent. D'autre part, le nombre entre crochets qui suit la désignation de chaque profession représente le code à 4 chiffres de cette dernière comme établi dans la CNP 2016.

Tableau 10. Mesures d'adaptation recensées pour les techniciens/techniciennes et spécialistes de l'aménagement paysager et de l'horticulture [2225], les entrepreneurs/entrepreneuses et superviseurs/superviseuses des services de l'aménagement paysager, de l'entretien des terrains et de l'horticulture [8255] et les manœuvres en aménagement paysager et en entretien des terrains [8612]

Catégorie de mesure	Action considérée	Référence	
Surveillance de la contrainte thermique	Indice de chaleur	Indice calculé à l'aide des données recueillies par le National Weather Service (service météorologique des États-Unis) et par un appareil de mesure portable <i>iButton</i> ® porté dans la ceinture ou la poche du chandail durant leur travail pour relever la température et l'humidité personnelles, soit dans l'environnement immédiat des travailleurs. Cette méthode permet une meilleure appréciation de l'ambiance thermique chaude à laquelle les travailleurs sont exposés ¹	Uejio <i>et al.</i> (2018)
		Indice calculé à l'aide de l'application OSHA-NIOSH qui fournit également les prévisions météorologiques spécifiques à la localisation des superviseurs et travailleurs pour optimiser l'organisation du travail	McCarthy <i>et al.</i> (2019) ²
		Indice WBGT « personnel » déterminé grâce à la température mesurée par un thermomètre portable inséré dans les chaussures et d'autres données environnementales fournies par la station météorologique la plus proche du lieu de travail ³	Wang, S. W. <i>et al.</i> (2019)
Surveillance de l'astreinte thermique	Évaluation du niveau d'hydratation par la pesée des travailleurs au début et après le quart de travail (estimation des pertes d'eau)	Wang, S.W. <i>et al.</i> (2019)	
Mesures d'ingénierie	Ventilateurs électriques (dans les zones de repos, généralement un garage), locaux et véhicules de service avec air conditionné	Uejio <i>et al.</i> (2018)	
	Auvents mobiles	McCarthy <i>et al.</i> (2019)	
	Tondeuses à gazon munies d'ombrières	Wang, S. W. <i>et al.</i> (2019)	
Mesures administratives	Évaluation médicale préliminaire pour le dépistage de l'intolérance à la chaleur à l'aide d'un questionnaire ⁴ fourni aux travailleurs (questions portant sur les maladies antérieures liées à la chaleur, les maladies chroniques, la prise de médicaments, les indices de masse corporelle, etc.). Les informations médicales obtenues concernant l'état de santé des travailleurs, leur capacité à exercer les tâches essentielles et les besoins d'accommodations particulières durant les périodes de chaleur excessive, lorsque nécessaire, doivent être transmises aux superviseurs	McCarthy <i>et al.</i> (2019)	
	<ul style="list-style-type: none"> • Formation annuelle en période de préplacement (avant désignation du poste de travail)⁵ et devant être centrée, entre autres, sur la sensibilisation à la contrainte thermique, la prévention des maladies liées à la chaleur et la reconnaissance de premiers symptômes, l'acclimatation, l'hydratation, le type d'habillement adéquat, l'initiation aux premiers soins d'urgence, la surveillance des données et avis météorologiques pour les superviseurs • Programme d'acclimatation sur 1 à 2 semaines⁶ 	Uejio <i>et al.</i> (2018) McCarthy <i>et al.</i> (2019)	

	<ul style="list-style-type: none"> • Réorganisation du travail : limitation de la durée et de l'intensité du travail ; ajustement des alternances travail/repos ; exécution, autant que possible, des tâches dans des endroits à l'ombre ou à l'intérieur • Accès à des abris naturels ou à des locaux équipés de climatiseurs • Hydratation renforcée (accès illimité à l'eau ou à des boissons pour sportifs⁷, stations d'hydratation proches du site de travail ; protocole rigoureux : une tasse d'eau fraîche de température < 15 °C toutes les 15-20 min en évitant alcool et caféine) • Programme de surveillance médicale sur le lieu de travail pour prévenir et identifier les premiers signes de troubles liés à la chaleur et administrer les premiers secours. Mise en place d'un système de communication rapide avec les superviseurs dans les situations d'urgence médicale⁸ 		
	Optimisation du régime travail/repos en tenant compte du WBGT « personnel » ⁹ et du métabolisme de travail ajusté au poids (calculé en fonction du métabolisme humain standard et du poids du travailleur)	Wang, S. W. <i>et al.</i> (2019)	
Protection personnelle	Veste de refroidissement	Munie de sept blocs réfrigérants en taille unique à porter sous les vêtements de travail	Laing, Niven, Bevin, Matthews et Wilson (2006)
		De type hybride (blocs réfrigérants et petits ventilateurs incorporés fonctionnant avec des piles alcalines) à porter sur les vêtements de travail	Chan, Yang, Wong, Lam et Li (2013b) Chan, Wen et Wong (2016a)
		Habillement adapté : vêtements de travail amples, légers et en tissu respirant avec port de chapeau à large bord	Uejio <i>et al.</i> (2018)

¹Dans l'étude de Uejio *et al.* (2018), les températures personnelles étaient en moyenne plus élevées et plus variables que celles mesurées par la station météorologique. Près de 40 % des travailleurs ont vécu des conditions plus chaudes et plus humides (indice de chaleur supérieur à 2) comparativement aux données fournies par la station (Uejio *et al.*, 2018).

²Mesures d'adaptation adoptées dans le cadre du Programme de sensibilisation sur la contrainte thermique ou *Heat Stress Awareness Program* (HSAP) qui intègre des recommandations spécifiques destinées au département des superviseurs et du gestionnaire en sécurité et qui concernent les risques associés à la contrainte thermique et la connaissance/prévention des maladies reliées. Ce programme est basé sur les lignes directrices énoncées par l'Occupational Safety and Health Administration (OSHA) et le National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH) (McCarthy *et al.*, 2019).

³L'indice WBGT « personnel » a permis d'indiquer plus de pourcentages d'heures de travail qui dépassent les valeurs limites d'exposition à la chaleur, comme établies par l'ACGIH TLV®, comparativement à l'indice WBGT conventionnel (Wang, S. W. *et al.*, 2019).

⁴Deux situations sont possibles selon les réponses au questionnaire : a) prise d'un rendez-vous médical et distribution, à la fin de l'examen, d'une carte imprimée en anglais et en espagnol, désignée par *OSHA Quick Card on Heat Stress*, rappelant en bref les signes/symptômes des troubles liés à la chaleur, les mesures préventives et les premiers soins d'urgence, b) l'envoi d'une lettre au travailleur avant la période de fortes chaleurs pour une vigilance accrue avec rappels des risques associés à la chaleur et la reconnaissance de premiers symptômes (McCarthy *et al.*, 2019).

⁵Le contenu de la formation doit être développé par le directeur médical avec consultation des superviseurs et des employés (McCarthy *et al.*, 2019).

⁶Le programme d'acclimatation est destiné à tous les nouveaux travailleurs et ceux qui se sont absentes 3 jours et plus durant la saison chaude, soit entre le 15 mai et le 15 septembre (McCarthy *et al.*, 2019).

⁷Les recommandations du NIOSH sont les suivantes, selon la durée de l'exposition à la chaleur : a) moins de 2 h et travail d'intensité modérée, au moins 250 ml d'eau à 15 °C toutes les 15 à 20 min, b) plus de 2 h, remplacer l'eau par des boissons pour sportifs avec une concentration en électrolytes/glucides n'excédant pas 8 % pour suppléer à la perte d'électrolytes causée par la transpiration et éviter la diminution de la concentration en sodium (hyponatrémie) due à la consommation excessive d'eau plate. La présence de glucides dans les boissons pour sportifs améliore l'absorption intestinale des électrolytes, mais au-delà de 8 % le taux d'absorption est ralenti. Ce type de boissons n'est préconisé que dans ces conditions, car autrement il n'y a aucun bénéfice additionnel (Jacklitsch *et al.*, 2016). Par ailleurs, le fructose est à déconseiller en raison de risques de troubles gastro-intestinaux (NEHC, 2007).

⁸Le programme HSAP recommande la présence en permanence d'un membre des services médicaux bilingues (anglais-espagnol puisque l'étude se déroule aux États-Unis) sur les lieux de travail (McCarthy *et al.*, 2019).

⁹Méthode estimée plus protectrice, car elle indique plus de conditions à risque avec plus d'heures-personnes dans la catégorie 0-15 min de travail/45 min à 60 min de repos comparativement aux alternances travail/repos déterminées avec le WBGT environnemental (Wang, S. W. *et al.*, 2019).

Tableau 11. Mesures d'adaptation recensées pour les pompiers/pomprières [4312]

Catégorie de mesure	Action considérée	Référence
Surveillance de l'astreinte thermique	Mesure de l'indice PSI à l'aide de la fréquence cardiaque (FC), évaluée au moyen d'une montre intelligente, et de la température corporelle estimée par le biais du capteur thermique intégré dans le casque de protection (comme substitut jugé fiable de la température rectale)	Gunga <i>et al.</i> (2008)
	<ul style="list-style-type: none"> • Surveillance de la FC et de la température interne (capsule thermique) durant les activités et la phase de repos/réhabilitation¹ • Surveillance de la pression artérielle durant la phase de repos/réhabilitation • Évaluation du niveau d'hydratation : pesée avant et après activité pour mesurer la perte d'eau² 	Espinoza (2008) ; Brearley <i>et al.</i> (2011)
	Prédiction des températures interne et cutanée par modélisation mathématique de la thermorégulation exploitant la FC (mesurée à l'aide de montres intelligentes), des paramètres environnementaux (température ambiante, humidité relative, vitesse du vent et température radiante moyenne), le niveau d'isolement et de perméabilité des vêtements de protection et des données anthropologiques (poids, taille) ³	Kim, J.-H., Williams, Coca et Yokota (2013)
	Surveillance en temps réel de la température sous les vêtements de protection à l'aide d'un moniteur de sécurité (<i>Safety Ambient Monitor</i>) qui permet le contrôle à distance au niveau du poste de commandement avec supervision visuelle sur tablette numérique grâce à l'affichage de la fiche personnelle du pompier. Celle-ci fournit les données de suivi et l'attribution d'une couleur différente selon la situation dans laquelle il se trouve. Une couleur jaune indique par exemple un danger imminent qui impose le retrait du travailler	Novak, Babjak et Kot (2016) Bernatíková <i>et al.</i> (2018)
	Calcul en temps réel de l'indice PSI à l'aide de la température des pieds (mesurée par des capteurs placés dans les bottes de travail), comme substitut de la température rectale, et de la FC, en considérant des seuils de 38 °C et 38,5 °C pour déclencher un niveau d'alerte et un niveau de danger respectivement	Lee, Kim, Park et Tochihara (2015)
	Calcul de l'indice de stress prédit adapté ou aPSI (<i>Adaptive Physiological Strain Index</i>) en utilisant une équation qui intègre la FC et les températures interne (gastro-intestinale) et cutanée à la place de la température rectale. Cet indice permet de prédire de manière plus précise le niveau maximal d'astreinte thermique atteint et d'identifier les individus qui vont approcher ou dépasser la température corporelle limite établie à 38-38,5 °C et non celle de 39,5 °C comme dans le modèle PSI original ⁴	Hunt <i>et al.</i> (2019)

Catégorie de mesure	Action considérée	Référence
Mesures d'ingénierie (durant la période de repos/réhabilitation)	Ventilateurs de refroidissement à haute vitesse, ventilateurs brumisateurs, air conditionné dans les aires de repos pour une durée de 20 min (en plus du retrait même partiel des équipements de protection et de la consommation d'eau fraîche de température autour de 15 °C)	Carter, J. B., Banister et Morrison (1999); Selkirk, McLellan et Wong (2004); Carter, J. M., Rayson, Wilkinson, Richmond et Blacker (2007); Espinoza (2008); Hostler, Reis, Bednez, Kerin et Suyama (2010a); Colburn <i>et al.</i> (2011)
	Évaluation des mesures d'adaptation mises en place pour prévenir les troubles liés à la chaleur afin d'orienter les activités de sensibilisation et d'information. Instauration, le cas échéant, d'un programme de gestion des contraintes thermiques ⁵	Moretti (2018)
Mesures administratives	Amélioration du test de tolérance à la chaleur en se basant sur un examen court et fiable qui permet d'apprécier la réponse individuelle à haute température alors que le travailleur est vêtu de sa tenue de protection ⁶ . Ce test inclut 40 min d'exercice à 6 W/kg (métabolisme de travail) avec port de l'ensemble de protection, dans une chambre climatique maintenue à une température de 50 °C et une humidité relative (HR) de 10 %. Le test de tolérance offre la possibilité de suivre les participants dans le temps, car il propose une approche fondée sur le continuum pour pouvoir évaluer les réponses individuelles. Il permettrait aussi de recommander le moment où les individus peuvent retourner au travail après une maladie et établir si un travailleur est adéquatement acclimaté pour mieux composer avec l'environnement thermique	Watkins <i>et al.</i> (2018a)
	Programme d'acclimatation sous forme d'exercices aérobiques (<i>stepping</i>) qui alternent intensité élevée et basse intensité. Ces exercices doivent être pratiqués 9 fois par mois. Il est recommandé de les associer à un entraînement régulier et des exercices de marche, avant et après chaque intervention, sur tapis roulant dans une chambre climatique (à 25 °C/40 % HR) avec augmentation graduelle de l'intensité	Takeda <i>et al.</i> (2019)
	Programme de conditionnement physique et de renforcement musculaire pour améliorer la tolérance à la chaleur. Il doit être soutenu par des campagnes de sensibilisation sur l'importance de garder une bonne condition physique afin de maintenir une capacité aérobique élevée bien avant le début de la saison des feux de forêt ⁷	Espinoza (2008); Lui, Cuddy, Hailes et Ruby (2014); Walker, Beatty, Zanetti et Rattray (2017)

Catégorie de mesure	Action considérée	Référence
	Implantation d'un programme complet axé sur le bien-être qui intègre : a) une formation continue en SST incluant la reconnaissance des signes de déshydratation et les bienfaits du conditionnement physique, b) l'adhésion à un plan d'entraînement physique approprié et c) des suivis médicaux réguliers	Espinoza (2008)
	<p>Supplémentation en glucide et alimentation régulière durant les activités de travail pour augmenter la capacité des pompiers, impliqués dans les opérations d'extinction des incendies de grande envergure, à mieux gérer leur rythme de travail, tout particulièrement en fin de journée. Proposée selon trois protocoles différents éprouvés sur le terrain :</p> <p>1-Glucides liquides (200 ml/h; 20 % de glucides [4 g glucides/h, 160 kcal/h]) toutes les heures</p> <p>2- Glucides liquides aux heures paires et glucides solides (25 g de glucide + 10 g protéines+ 2 g de gras, 160 kcal/h) aux heures impaires</p> <p>3- Consommation d'un supplément de nourritures, de type ration alimentaire militaire, toutes les 90 min après le déjeuner en plus d'une pause dîner</p>	Cuddy, Gaskill, Sharkey, Harger et Ruby (2007)
Hydratation renforcée	Hydratation à volonté (<i>ad libitum</i>) ⁸ : consommation d'eau fraîche (≈ 15 °C) et éventuellement substitution par des boissons pour sportifs ⁹ (supplémentation en électrolytes et glucides), durant et entre deux périodes d'activités (phase de réhabilitation)	Ministère de la Sécurité publique du Québec (Mise à jour août 2007) ; Hostler <i>et al.</i> (2010b); Brearley <i>et al.</i> (2011) ; Raines <i>et al.</i> (2012) ; Larsen, Snow et Aisbett (2015) ; Raines <i>et al.</i> (2015) ; CNESST (2017)
	Incorporation d'une stratégie de réhydratation partielle durant les opérations d'extinction de feu alors que les pompiers continuent de porter leurs équipements de protection avec appareils respiratoires autonomes. Cette méthode permet d'améliorer le temps de tolérance totale à la chaleur	Selkirk, McLellan et Wong (2006)
Réorganisation du travail afin	Multiplication de périodes de travail plus courtes alternées avec des phases de récupération plus longues en zone fraîche	Walker, Argus, Driller et Rattray (2015)

Catégorie de mesure	Action considérée	Référence
d'en réduire la charge	Augmentation de la fréquence des rotations de tâches et des périodes de récupération durant et entre les opérations	Ministère de la Sécurité publique du Québec (Mise à jour août 2007) ; Larsen <i>et al.</i> (2015)
	<p>Mise en place d'une politique de bonnes pratiques au travail qui tient compte du rôle crucial que joue l'effort physique dans l'augmentation de la température interne en suggérant :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Une alternance des tâches moins exigeantes physiquement, induisant une moindre hausse de la température interne, avec celles qui peuvent générer des températures plus élevées ; • L'instauration d'alternances travail/repos appropriées qui tiennent compte de la charge de travail 	West, Costello, Sol et Domitrovich (2020)
Amélioration de la phase de réhabilitation	Implantation d'un programme amélioré de réhabilitation qui inclut le repos, une hydratation adaptée avec supplémentation en minéraux et nutriments (p. ex., sodium, potassium, calcium, glucide), une surveillance médicale ¹⁰ et des techniques individuelles de refroidissement (voir plus bas)	Espinoza (2008)
	Aménagement d'un centre de réhabilitation adéquatement équipé et qui inclut une zone de retrait des tenues de protection, une aire de repos dotée de chaises, une station d'hydratation, un espace de refroidissement corporel de type général (ventilateurs électriques/air conditionné) et individuel (p. ex., bacs d'eau fraîche pour immerger un ou plusieurs segment(s) du corps, par exemple mains/avant-bras ou jusqu'au torse) et une zone dédiée à la surveillance médicale avec présence d'une ambulance pour le transport d'urgence	Brearley <i>et al.</i> (2011)
Promotion accrue de l'importance de retirer les équipements de protection individuelle durant la phase de réhabilitation ¹¹		CNESST (2017) ; Kim, S., Kim, Lee et Lee (2019)
Surveillance médicale dans la zone ou centre de réhabilitation incorporant l'évaluation de l'état de santé des pompiers durant la réhabilitation par la mesure de la fréquence cardiaque et de la sensation thermique, la surveillance des signes physiques d'épuisement dû à la		Espinoza (2008) ; Brearley <i>et al.</i> (2011)

Catégorie de mesure	Action considérée	Référence
	chaleur, l'administration des soins d'urgence et l'appréciation de leur capacité à retourner sur le terrain	
	Technique de prérefroidissement par ingestion de 500 ml ou 7,5 g/kg de glace pilée (<i>ice slurry</i> ou Sloche, contenant 0,6 g à 3 g de sucre dans 100 ml, température de moins 1 °C à 0,1 °C), en position de repos, 15 à 30 min avant le début du travail	Pryor <i>et al.</i> (2015) ; Watkins, Hayes, Watt et Richardson (2018b) ;
	Remplacement du pantalon d'uniforme par des shorts sous l'ensemble de protection pour des activités modérées qui n'excèdent pas 60 min	McLellan et Selkirk (2004)
	Réduction du poids des bottes de travail ¹²	Lee, Kim, Jang, Baek et Park (2014)
Protection personnelle	Habillement adapté Uniforme de protection avec mélange innovant de textile : 65 % de viscose résistante au feu + 30 % de Nomex® et 5 % de Kevlar®, masse totale : 1 460 g. Cette composition permettrait d'augmenter l'efficacité de la perte de chaleur par évaporation et de réduire la sensation d'humidité (moiteur). Le Nomex® et le Kevlar® sont en effet des fibres synthétiques douées de propriétés mécaniques performantes en plus d'être hautement résistantes à la chaleur	Carballo-Leyenda, Villa, Lopez-Satue et Rodriguez-Marroyo (2017)
	<ul style="list-style-type: none"> • Modèles inédits de vêtements de protection pour opérations de secours et recherches (type USAR/<i>Urban Search and Rescue</i>), modulaires, allégés avec système de revêtement extérieur monocouche • Modèles innovants de tenues de protection pour les autres activités telles les interventions dans les accidents de la route, urgences médicales : a) aérés avec ventilation active (présence d'ouvertures) ou b) combinant ventilation active, doublure thermique à couches réduites et tissu de type <i>stretch</i> (extensible) 	McQuerry, Barker et DenHartog (2018)
	Casque de protection muni d'orifices pour ventilation passive et élimination de la chaleur et de l'humidité accumulées	Hilden (2019)
Techniques individuelles de refroidissement	Immersion d'une partie du corps dans de l'eau fraîche à une température comprise entre 10 °C et 20 °C (mains seules, mains et avant-bras, pieds ou jambes jusqu'aux genoux) pendant 15 à 20 min ¹³ . L'immersion des mains et avant-bras est généralement	McTiffin et Pethybridge (1994) ; Selkirk <i>et al.</i> (2004) ; House et Tipton (2005) ; McLellan et Selkirk (2006) ; Carter, J. M. <i>et al.</i>

Catégorie de mesure	Action considérée	Référence
(durant la phase de repos/réhabilitation)	<p>effectuée en position assise sur une chaise pliante adaptée à cet effet et qui présence de pochettes d'eau au niveau des bras</p> <hr/> <p>Immersion multisegment pendant 15 min (corps complètement immergé jusqu'à la base du cou ou jusqu'au nombril) dans de l'eau maintenue à une température entre 15 °C et 26 °C</p> <hr/> <p>Ingestion de glace pilée (<i>Sloshe</i>) à raison de 7 g/kg de poids corporel</p> <hr/> <p>Serviettes glacées sur la nuque (serviettes mouillées contenant des petits blocs de glace)</p> <hr/> <p>Aspersion d'eau sur le visage et les bras</p>	<p>(2007) ; Giesbrecht, Jamieson et Cahill (2007) ; Barr, Gregson, Sutton et Reilly (2009) ; Zhang, Y., Bishop, Casaru et Davis (2009) ; Barr, Reilly et Gregson (2011) ; Colburn <i>et al.</i> (2011) ; Katica <i>et al.</i> (2011) ; Burgess <i>et al.</i> (2012) ; Yeargin <i>et al.</i> (2016) ; Watkins <i>et al.</i> (2018b)</p> <hr/> <p>Brearley <i>et al.</i> (2011) ; Walker, Driller, Brearley, Argus et Rattray (2014).</p> <hr/> <p>Walker <i>et al.</i> (2014)</p> <hr/> <p>Espinoza (2008)</p> <hr/> <p>CNESST (2017)</p>
Équipements individuels de refroidissement	<p>Vestes de refroidissement à circulation d'eau autonome, munie d'un réservoir d'eau glacée et portée durant le travail, ou connectée à un dispositif qui fournit le liquide de refroidissement et portée durant la réhabilitation</p> <hr/> <p>Veste de refroidissement à matériau à changement de phase (p. ex., sacs de glace, blocs réfrigérants style <i>Ice Packs</i>, sels hydratés ignifuges) à porter durant les activités</p>	<p>Medina (2004) ; Colburn <i>et al.</i> (2011) ; Kim, J. H., Coca, Williams et Roberge (2011a) ; Kim, J.-H., Coca, Williams et Roberge (2011b)</p> <hr/> <p>Bennett, Hagan, Huey, Minson et Cain (1995) ; Smolander, Kuklane, Gavhed, Nilsson et Holmer (2004) ; Chou, Tochihara et Kim (2008) ; House <i>et al.</i> (2013) ; Brien-Breton</p>

Catégorie de mesure	Action considérée	Référence
		(2014); Hemmatjo, Motamedzade, Aliabadi, Kalatpour et Farhadian (2017)
	Cagoule de protection réfrigérée : Tissu de refroidissement incorporé à la cagoule de protection et composé de deux couches de textile (mélange 35 % coton et 65 % polyester) entre lesquelles est inséré un matériau à changement de phase	Lin, Boorady et Chang (2016)
	Système de refroidissement palmaire : interface palmaire d'échange thermique constituée d'un ensemble de coussins qui assurent une perfusion d'eau et inclus dans une mitaine couvrant la moitié de la main en laissant les doigts libres. La mitaine peut être connectée à un dispositif portable de circulation d'eau à température contrôlée qui fonctionne en circuit fermé	Grahn, Makam et Heller (2018)
	Combinaison de refroidissement autonome à circulation d'eau qui couvre tout le corps sauf les mains et les pieds. La circulation d'eau a lieu dans des tubules intégrés à la combinaison et est contrôlée grâce à une petite pompe portable munie de batteries à raison de 375 ml d'eau par minute. L'eau pénètre initialement à une température d'environ 10 °C	Bach <i>et al.</i> (2019) ; Maley, Minett, Bach, Stewart et Stewart (2020)
Système personnel d'hydratation	De type sac à dos CamelBak® avec embout buccal et valve de protection, de capacité de 3 litres et qui contient de l'eau et un mélange d'électrolytes (45 mg de magnésium, 125 mg de sodium, 390 mg de chlorure, 130 mg de potassium et 20 mg de sulfate), porté durant les activités. Un tel système permet de réduire la quantité totale de fluide à transporter et à consommer	Cuddy, Ham, Harger, Slivka et Ruby (2008)
Combinaison de mesures	Habillement adapté sous la forme d'un uniforme de pompier fabriqué avec un nouveau matériau à double densité et combiné à une veste de refroidissement en tulle de nylon (tissu conducteur et confortable) avec matériau à changement de phase (sels hydratés ignifuges) portée directement sur le corps	Marchand <i>et al.</i> (2015)

Catégorie de mesure	Action considérée	Référence
	Technique de prérefroidissement par la consommation de glace pilée (avant les activités, à raison de 7,5 g/kg, contenant 2,2 % de sucre, température d'environ moins 2 °C) et port d'une veste de refroidissement contenant des blocs de glace durant les activités	Bach <i>et al.</i> (2019) ; Maley <i>et al.</i> (2020)
	Veste de refroidissement hybride servant également de système personnel d'hydratation. La veste est munie de blocs réfrigérants à base de boisson pour sportifs surgelée (contenant 7,8 % d'électrolytes/sucres) et est dotée d'une paille intégrée. Il est recommandé de la porter durant les opérations d'extinction des feux en cas de difficulté d'accès à l'eau	Kim, D.-H. <i>et al.</i> (2020)
	Combinaison d'un refroidissement externe et d'un refroidissement interne durant la phase de repos et en position assise : immersion des mains/avant-bras dans de l'eau fraîche pendant 15 min et ingestion lente de glace pilée (<i>Sloche</i> , température de moins 1 °C) à raison de 4 g/kg	Nakamura <i>et al.</i> (2020)

¹ La réhabilitation (ou « *rehab* ») est une pause plus longue que la phase de repos et qui est prise dans un espace ou zone localisés sur le lieu de travail des pompiers (Moretti, 2018).

²Espinoza (2008) recommande la consommation de ≈ 710 ml d'eau par livre de masse corporelle perdu.

³Méthode prédictive non applicable aux pompiers impliqués dans les opérations d'extinction des feux (Kim, J.-H. *et al.*, 2013).

⁴La valeur de 39,5 °C est une limite arbitraire considérée par Moran *et al.* (1998) lors du développement de l'indice PSI. Celui-ci n'étant valable que lorsque le travailleur est vêtu d'habits légers, cette limite ne serait pas, de ce fait, appropriée pour les pompiers qui portent un équipement de protection plus lourd. Une cote PSI de 10, indiquant que l'astreinte maximale a été atteinte, correspond à une cote aPSI supérieure à 10, exprimant plutôt un dépassement de l'astreinte maximale et donc de la température corporelle seuils fixée à 38-38,5 °C (Hunt *et al.*, 2019). L'équation proposée pour le calcul de l'indice aPSI est la suivante (Hunt *et al.*, 2019) :

$$aPSI = 5 (T_{gi} - 36,5 / (39,5 + ((T_{gi} - T_c) - 4) / 4) - 36,5) + 5 (FC - 60) / 180 - 60$$

(FC = fréquence cardiaque ; T_{gi} = température gastro-intestinale mesurée à l'aide d'une capsule thermique ; T_c = température cutanée)

⁵L'évaluation est réalisée à l'aide d'un questionnaire afin de documenter l'existence ou non d'une procédure officielle de réhabilitation, le niveau de connaissance relative aux premiers signes de troubles liés à la chaleur, et des procédures de travail et d'hydratation (Moretti, 2018). Le programme de gestion des contraintes thermiques inclut les mesures contenues dans l'annexe A et B de la norme NFPA 1584 (*Standard on the Rehabilitation Process for Members During Emergency Operations and Training Exercises*) et qui visent le repos/réhabilitation (avec retrait des tenues de protection, consommation d'eau et de nourriture), le refroidissement (repos à l'ombre et/ou utilisation de ventilateurs électriques, air conditionné, aspersion d'eau sur le visage et les bras, etc.), la surveillance et l'évaluation de l'état de santé ainsi que l'administration de premiers soins et soins d'urgences par des techniciens ambulanciers (Moretti, 2018).

⁶Le protocole standard, actuellement utilisé au Royaume-Uni, serait considéré comme inapproprié, car ne tient compte ni des vêtements de protection des pompiers ni des températures élevées. Il comprend 2 heures de marche à 5 km/h et 1 % de pente dans les conditions suivantes : température 40 °C et 40 % humidité relative, port de shorts et de chandails (Watkins *et al.*, 2018a).

⁷L'amélioration de la condition physique est fortement recommandée chez les pompiers plus âgés (Espinoza, 2008 ; Walker *et al.*, 2017).

⁸Raines *et al.* (2012) et Raines *et al.* (2015) considèrent que la consommation d'eau à volonté durant le travail serait suffisante pour que les pompiers atteignent l'état d'euhydratation (c'est-à-dire un état normal de contenu hydrique), même sans réhydratation préalable. Celle-ci est en effet généralement recommandée en raison de l'état de déshydratation souvent constaté chez les pompiers bien avant les opérations de suppression des feux. Une stratégie d'hydratation dite « agressive » pourrait toutefois procurer une fausse sensation de protection durant les périodes de travail intenses en entraînant malgré tout un trouble lié à la chaleur. Cuddy et Ruby (2011) ont en effet rapporté le cas d'un jeune pompier qui a subi un épuisement par la chaleur après avoir consommé en moyenne 840 ml/h en 7 heures de travail intense dans des conditions de chaleur extrême, soit près de 6 litres d'eau.

⁹Selon les recommandations du NIOSH, les boissons pour sportifs doivent avoir une concentration équilibrée en électrolytes/glucides, n'excédant pas 8 % en volume. Si la présence de glucides améliore l'absorption intestinale des électrolytes, celle-ci est réduite au-delà de 8 %. De plus, ce type de boissons est recommandé pour remplacer l'eau plate uniquement chez les travailleurs impliqués dans un travail d'intensité modérée en ambiance chaude pour une durée supérieure à 2 h (Jacklitsch *et al.*, 2016). Par ailleurs, le fructose est à déconseiller en raison de risques de troubles gastro-intestinaux (NEHC, 2007).

¹⁰Espinoza (2008) a constaté que la température corporelle des pompiers continue d'augmenter durant la phase de repos, le pic n'étant atteint qu'après 5 min de réhabilitation. De plus, après 20 min de repos, la température ne retourne pas nécessairement à la normale pour l'ensemble des pompiers, d'où la pertinence d'une surveillance médicale pendant cette période (Espinoza, 2008).

¹¹Kim, S. *et al.* (2019) ont noté une augmentation statistiquement significative de symptômes de troubles liés à la chaleur chez les pompiers qui prennent leur pause sans retirer leurs équipements de protection.

¹²La réduction du poids des bottes de travail serait plus efficace pour diminuer la chaleur cumulée comparativement à l'allègement du poids de l'appareil respiratoire, du casque de protection ou des gants (Lee *et al.*, 2014).

¹³Selon Barr *et al.* (2011), l'immersion des mains et avant-bras dans de l'eau fraîche (température d'environ 19 °C) durant les courtes périodes de repos (avant que les pompiers ne rentrent de nouveau dans les zones en feu) est plus effective pour réduire l'astreinte thermique comparativement au port de vestes de refroidissement munies de sacs de glace.

Tableau 12. Mesures d'adaptation recensées pour les cuisiniers/cuisinières [6322]

Catégorie de mesure	Action considérée	Référence
Mesures d'ingénierie	Combinaison de mesures : emploi de déshumidificateurs ; cuisson par induction (chaleur froide) ; meilleure étanchéité des soupapes de vapeur ; réduction de la charge de travail par automatisation de certaines tâches et la fourniture de diables (chariot de manutention) ; ventilation générale par déplacement (à l'aide d'un système considéré comme étant économe, silencieux et efficace et qui implique l'introduction d'air à faible vitesse au niveau ou proche du sol et à température légèrement au-dessous de celle ciblée, le déplacement de l'air chaud par l'air froid, la création d'une zone fraîche au niveau de la surface de travail, l'évacuation par le plafond par aspiration et rejet vers l'extérieur de la chaleur et des contaminants) ; traitement de l'air ; salle de travail équipée de climatiseurs	EU OSHA (2008)
	Plan d'adaptation à la chaleur plus approprié et à développer à l'avance. Il doit identifier toutes les mesures préventives (individuelles ou combinaison de mesures) applicables dans des conditions de travail spécifiques et devant être concrétisées à l'aide d'actions et d'habitudes que les travailleurs pourront facilement adopter lors des périodes de fortes chaleurs. Ce plan peut être sous la charge d'une personne désignée qui doit en outre surveiller les alertes météorologiques précoces pour une meilleure préparation	Flouris, Tsoutsoubi, <i>et al.</i> (2018)
Mesures administratives	<p>Programme d'acclimatation selon deux approches :</p> <p>1.Travailleurs expérimentés : 50 % d'exposition le 1^{er} jour, 60 % le 2^e jour, 80 % le 3^e jour et 100 % le 4^e jour ; travailleurs nouvellement embauchés : 20 % le 1^{er} jour avec une augmentation de 20 % pour chaque jour additionnel</p> <p>2.Réduction de la charge de travail durant une à deux semaines tout en conservant les mêmes horaires de travail</p> <hr/> <p>Formation/sensibilisation sur les risques liés à la chaleur et les stratégies de prévention</p> <hr/> <p>Réorganisation du travail qui inclut, entre autres, un ajustement du régime travail/repos et le report des tâches exigeantes durant les périodes plus fraîches</p> <hr/> <p>Procédure d'urgence à mettre en place et qui inclut la détection et l'administration de premiers soins en cas de troubles liés à la chaleur par des travailleurs formés au secourisme</p>	EU OSHA (2008)

Catégorie de mesure	Action considérée	Référence
	Pauses supplémentaires planifiées : 1,5 min toutes les demi-heures	Flouris, Tsoutsoubi, <i>et al.</i> (2018)
	Hydratation renforcée avec protocole rigoureux : 500 à 750 ml d'eau fraîche avant le début du quart du travail à des fins de réhydratation ; consommation d'eau sur une base régulière durant le travail (250 ml toutes les 30 min, en évitant les breuvages qui contiennent de la caféine) ; ajout de sel à l'eau de boisson si avis médical favorable	EU OSHA (2008) ; Flouris, Tsoutsoubi, <i>et al.</i> (2018)
Protection personnelle	Veste de refroidissement hybride munie de gels réfrigérants et de deux petits ventilateurs incorporés qui fonctionnent avec des piles alcalines, à porter sur les vêtements de travail	Chan <i>et al.</i> (2013b) Chan <i>et al.</i> (2016a)
	Habillement adapté (tissu lâche, confortable et respirant, de préférence en coton, couleurs claires)	EU OSHA (2008)

Tableau 13. Mesures d'adaptation recensées pour le personnel de blanchisseries et d'établissements de nettoyage à sec et personnel assimilé [6741]

Catégorie de mesure	Action considérée	Référence
Surveillance de l'astreinte thermique	Évaluation du niveau d'hydratation par la pesée des travailleurs avant et après le quart de travail	
Mesures d'ingénierie	<ul style="list-style-type: none"> • Ventilation générale dans les zones qui génèrent de fortes chaleurs • Ventilateurs électriques individuels • Refroidissement par évaporation • Réfrigération mécanique • Élimination des fuites de vapeurs • Contrôle à la source de la chaleur radiante à l'aide d'écrans protecteurs 	
Mesures administratives	<ul style="list-style-type: none"> • Programme d'acclimatation pour les nouveaux travailleurs et après absence de 2 semaines et plus¹, établi en 5 jours (50 % de la charge de travail le premier jour puis augmentation progressive jusqu'à 100 % au 5^e jour) • Formation des travailleurs et des superviseurs sur les troubles liés à la chaleur et la reconnaissance de premiers signes/symptômes impliquant l'arrêt du travail, l'importance de l'hydratation et le remplacement des fluides et électrolytes, les premiers soins et l'intérêt de la pesée avant et après le travail pour éviter la déshydratation • Évaluation de la condition physique des travailleurs • Hydratation à volonté (≈ 1,5 l/h) • Réorganisation du travail : <ul style="list-style-type: none"> ○ Alternances travail et phases de repos dans des endroits frais ○ Report des tâches plus lourdes durant les périodes moins chaudes • Surveillance des signes de troubles liés à la chaleur 	Executive Housekeeping Today (août 1993)

¹Basé sur les recommandations de l'Occupational Safety and Health Administration (OSHA) en vigueur en 1993. Actuellement, l'OSHA préconise une réacclimatation après une absence d'une semaine et plus (OSHA, 2017).

Tableau 14. Mesures d'adaptation recensées pour les monteurs/monteuses de lignes électriques et de câbles [7244] et autres manœuvres et aides de soutien de métiers [7612]

Catégorie de mesure	Action considérée	Référence
Surveillance de la contrainte thermique	Indice WBGT	McLachlan et Aenbacher (2002) ¹
Surveillance de l'astreinte thermique	Évaluation du niveau d'hydratation (pesée des travailleurs avant et après la période de travail, calcul de la densité urinaire). Le taux de déshydratation (en %) est calculé comme suit : (masse mesurée avant le début du quart de travail/masse mesurée après le quart de travail) x 100. Les masses sont exprimées en kilogramme	McLachlan et Aenbacher (2002); Brearley <i>et al.</i> (2015)
	Suivi de la fréquence cardiaque et de la température corporelle durant le quart de travail	McLachlan et Aenbacher (2002)
Mesures d'ingénierie	Ventilation ; isolation des surfaces chaudes ; barrière de protection vis-à-vis de la chaleur radiante	McLachlan et Aenbacher (2002)
Mesures administratives	<ul style="list-style-type: none"> • Programme d'acclimatation • Formation sur les risques liés à la chaleur pour instaurer un changement de culture en ce qui concerne la santé et la sécurité du travail afin de promouvoir des habitudes et comportements sains durant les périodes de fortes chaleurs • Protocole renforcé d'hydratation qui intègre une réhydratation avant le quart de travail puis maintien de la consommation d'eau durant l'exposition et en fin de quart de travail² • Réorganisation du travail : interruption du travail en cas d'inconfort excessif ressenti par le travailleur ; reprise du travail uniquement après repos ; encouragement à l'autogestion du rythme de travail pour les tâches qui nécessitent un grand effort physique et engageant exclusivement des travailleurs acclimatés et expérimentés 	McLachlan et Aenbacher (2002); Brearley <i>et al.</i> (2015)
	<ul style="list-style-type: none"> • Installation de panneaux « Zone de contrainte thermique » aux endroits jugés critiques • Conservation des données de surveillance médicale 	McLachlan et Aenbacher (2002)
	Veste de refroidissement à circulation d'eau autonome ou reliée à un dispositif qui fournit de l'eau réfrigérée ³	McLachlan et Aenbacher (2002); Furtado, Craig, Chard, Zaloom et Chu (2007)
Protection personnelle	Système personnel d'hydratation (sacs à dos adaptés avec dispositif d'embout buccal et valve de protection et comportant un réservoir isotherme d'eau d'une contenance d'un peu plus de 2 litres)	McLachlan et Aenbacher (2002)
	Veste de refroidissement munie de blocs réfrigérants	McLachlan et Aenbacher (2002)
	Habillement adapté : vêtements à propriété réfléchive	(2002)
	Technique du vêtement mouillé	

Note : Relativement à la profession « autres manœuvres et aides de soutien de métiers [7612] », seuls les emplois impliqués dans l'installation et le montage des câbles électriques (p. ex., le titre d'emploi d'« aide-installateur/aide-installatrice de réseaux de câbles électriques ») sont concernés par ces mesures.

¹McLachlan et Aenchbacher (2002) recommandent la combinaison des mesures d'ingénierie, administratives et de protection personnelle lorsque les températures ambiantes sont strictement supérieures à 29,4 °C (ou strictement supérieur à 21 °C en cas de port de combinaisons étanches semi ou totalement imperméables).

²Les travailleurs sont généralement déjà déshydratés à leur arrivée sur le lieu de travail (Brearley *et al.*, 2015). McLachlan et Aenchbacher (2002) suggèrent la consommation de 4 à 7,5 litres d'eau par jour, à peu près 474 ml (16 onces) d'eau fraîche avant le début du quart de travail puis de 177 à 237 ml (6-8 onces) toutes les 15 min.

³Furtado *et al.* (2007) ont testé une veste de refroidissement non autonome avec réservoir de recirculation d'eau et pompe intégrées. Cette veste est reliée à un appareil qui fournit du fluide réfrigéré, ce qui réduit la mobilité du travailleur. Ce modèle est porté sous l'équipement de travail, directement sur la peau.

Tableau 15. Mesures d'adaptation recensées pour les charpentiers-menuisiers/charpentières-menuisières [7271]

Catégorie de mesure	Action considérée	Référence
Protection personnelle	Habillement adapté : Uniforme de travail favorisant un microclimat confortable avec une faible résistance à l'air (grande perméabilité ou respirant) et une grande capacité de gestion de l'humidité. Le modèle est ample, léger, et fabriqué avec des tissus fins, de couleur claire. Conçu pour rehausser le bien-être des travailleurs en ambiances chaudes et humides, il est composé d'un chandail en 100 % Coolmax (polyester à propriété d'évacuation de l'humidité, épaisseur de 0,62 mm) et d'un pantalon confectionné dans un tissu constitué de 60 % coton et 40 % polyester traité avec des nanoparticules d'argent et de fer (épaisseur de 0,48 mm)	Chan <i>et al.</i> (2015); Chan <i>et al.</i> (2016b)

Tableau 16. Mesures d'adaptation recensées pour les briqueteurs-maçons/briqueteuses-maçonnes [7281]

Catégorie de mesure	Action considérée	Référence
Surveillance de la contrainte thermique	Indice WBGT	
Mesure administrative	Autogestion du rythme de travail pour les tâches non urgentes et n'impliquant pas un incitatif financier. Cette pratique est recommandée uniquement pour les travailleurs expérimentés et bien formés aux risques liés à la chaleur	Mairiaux et Malchaire (1985)
Protection personnelle	Habillement adapté : Uniforme de travail favorisant un microclimat confortable avec une faible résistance à l'air (grande perméabilité ou respirant) et une grande capacité de gestion de l'humidité. Le modèle est ample, léger et fabriqué avec des tissus fins, de couleur claire. Conçu pour rehausser le bien-être des travailleurs en ambiances chaudes et humides, il se compose d'un chandail en 100 % Coolmax (polyester à propriété d'évacuation de l'humidité, épaisseur de 0,62 mm) et d'un pantalon confectionné dans un tissu constitué de 60 % coton/40 % polyester traité avec des nanoparticules d'argent et de fer (épaisseur 0,48 mm)	Chan <i>et al.</i> (2015) ; Chan <i>et al.</i> (2016b)

Tableau 17. Mesures d'adaptation recensées pour le personnel d'entretien des canalisations d'eau et de gaz [7442]

Catégorie de mesure	Action considérée	Référence
Surveillance de la contrainte thermique	Indice de chaleur calculé à l'aide des données recueillies par le National Weather Service (service météorologique des États-Unis) et par un appareil de mesure portable <i>iButton</i> ® porté dans la ceinture ou la poche du chandail durant leur travail pour relever la température et l'humidité personnelles, soit dans l'environnement immédiat des travailleurs. Cette méthode permet une meilleure appréciation de l'ambiance thermique chaude à laquelle les travailleurs sont exposés ¹	Uejio <i>et al.</i> (2018)
Mesures d'ingénierie	Ventilateurs électriques (dans les zones de repos, généralement un garage), locaux et véhicules de service avec air conditionné	Uejio <i>et al.</i> (2018)
Mesures administratives	<ul style="list-style-type: none"> • Formation annuelle mettant l'accent sur la reconnaissance de premiers symptômes de troubles liés à la chaleur, les premiers soins à administrer en cas de nécessité, le type d'habillement adéquat, l'hydratation et la surveillance des données et avis météorologiques pour les superviseurs • Programme d'acclimatation établi sur 1 à 2 semaines • Réorganisation du travail : limitation de la durée et de l'intensité du travail selon l'exposition totale à la chaleur durant la journée de travail ; ajustement des alternances repos/travail ; exécution, autant que possible, des tâches dans des endroits à l'ombre ou à l'intérieur • Repos dans un endroit frais (voir mesures d'ingénierie) • Hydratation renforcée : une tasse d'eau froide (température < 15 °C) toutes les 15-20 min, en évitant alcool et caféine • Surveillance médicale pour prévenir et identifier les premiers signes de troubles liés à la chaleur 	Uejio <i>et al.</i> (2018)
Protection personnelle	Veste de refroidissement autonome équipée de matériaux à changement de phase (polymères réfrigérants) ou veste non autonome à circulation de fluide (air, eau, dioxyde de carbone liquide) délivré par un dispositif auquel elle est reliée. Ces vestes sont portées sous l'ensemble de travail de type Nomex® et la combinaison résistante aux flammes munie de gants et cagoule	Johnson (2013)
	Habillement adapté : vêtements de travail amples, légers et en tissu respirant avec port de chapeau à large bord (lorsque ce type d'habillement est possible)	Uejio <i>et al.</i> (2018)

¹Dans l'étude de Uejio *et al.* (2018), les températures personnelles étaient en moyenne plus élevées et plus variables que celles mesurées par la station météorologique. Près de 40 % des travailleurs ont vécu des conditions plus chaudes et plus humides (indice de chaleur supérieur à 2) comparativement aux données fournies par la station (Uejio *et al.*, 2018).

Tableau 18. Mesures d'adaptation recensées pour les conducteurs/conductrices de camions de transport [7511] et conducteurs/conductrices d'équipement lourd (sauf les grues) [7521]

Catégorie de mesure	Action considérée	Référence
Mesures d'ingénierie	Véhicules avec air conditionné ; maintenance préventive et réparation au besoin des systèmes de climatisation des anciens véhicules ; système de ventilation à l'intérieur de l'habitacle ; sièges ventilés ; réduction de la chaleur radiante à l'aide d'une peinture à propriété réfléchive élevée et de vitrage à faible transmissivité et haute réflectivité ; utilisation de pare-soleil	Ramsey, Musolin, Ceballos, Wiegand et Mead (2014) ; Annaheim <i>et al.</i> (2018)
Mesures administratives	<ul style="list-style-type: none"> • Plan d'intervention chaleur à développer avant la survenue des épisodes de fortes chaleurs • Surveillance des prévisions météorologiques avec inscription aux alertes météo • Formation des travailleurs sur les risques liés à la chaleur et sensibilisation au maintien d'une bonne qualité de sommeil • Report des tâches exigeantes à des périodes plus fraîches, autant que possible • Développement et implantation d'un programme de prévention du déséquilibre thermique • Hydratation à volonté et rappels continus sur l'importance de l'hydratation entre deux périodes de travail • Pausés régulières obligatoires (plus de 2 par quart de travail de 8 heures), récupération et siestes, autant que possible, dans des endroits frais • Autosurveillance des signes/symptômes de troubles liés à la chaleur • Signalement de tout signe/symptôme aux superviseurs et à l'équipe médicale de l'entreprise • Mise en place d'un comité de sécurité pour les travailleurs 	
Protection personnelle	Habillement adapté : Port de vêtements confortables (type survêtements de sport) en tissu à faible résistance à l'évaporation	Annaheim <i>et al.</i> (2018)

Tableau 19. Mesures d'adaptation recensées pour les aides de soutien des métiers et manœuvres en construction [7611]

Catégorie de mesure	Action considérée	Référence
Surveillance de la contrainte et/ou de l'astreinte thermique	Indice WBGT	Flouris, Ioannou, Tiago Sotto Mayor et Hernandez (2018) ; Ueno <i>et al.</i> (2018) ; Yasmeen, Liu, Wu et Li (2020)
	Indice TWL	Miller et Bates (2007a) ; Bates et Schneider (2008)
	Indice ESI	Pérez-Alonso <i>et al.</i> (2011)
	Protocoles particuliers de surveillance de l'astreinte thermique pour les travailleurs impliqués dans l'enlèvement d'amiante	Utilisation de la cardiofréquencemétrie <ul style="list-style-type: none"> • Avant le chantier : Évaluation médicale pour déterminer l'aptitude à la chaleur (<i>voir plus bas dans les mesures administratives</i>) – Mesure de la fréquence cardiaque (FC) après 15 min de repos • Durant le chantier (selon la température mesurée à 30 cm du tuyau vapeur en fonctionnement et à hauteur de son axe) : <i>Température < 40 °C</i> : pas de mesure de FC, mais application de mesures administratives (<i>voir plus bas</i>)

Catégorie de mesure	Action considérée	Référence
	<p><i>Température > 40 °C et < 50 °C</i> : surveillance en continu de la FC (cardiofréquence-mètre Polar Team dont les électrodes sont placées sur une ceinture thoracique, avec analyse des données à distance). Calcul, entre autres, des valeurs moyennes, pics d'accélération, pente de la courbe et évaluation du coût cardiaque en superposant le tracé de la FC et le relevé de l'activité</p> <p><i>Température > 50 °C</i> : interdiction de travailler</p> <p>• Après le chantier : Mesure de la FC après une phase de récupération pour le travailleur. La récupération est jugée efficace lorsqu'après 10 min la FC n'excède de 15 battements par minute (bpm) celle évaluée avant le chantier et au repos. Un opérateur présentant une courbe ascendante avec une moyenne de FC supérieure à 160 bpm pendant la vacation (période durant laquelle un travailleur porte un appareil de protection respiratoire sans interruption) et qui ne récupère pas sa FC de repos après 10 min de récupération est retiré du chantier</p>	
	<p>• Mesure de la FC (par télémétrie) et de la température buccale (thermistance à usage unique en position sublinguale) puis calcul des extrapulsations cardiaques thermiques (EPCT)¹ durant la phase de récupération. Les EPCT sont considérées comme un bon indicateur physiologique dans les expositions brèves et intenses à la chaleur ou en cas de port de tenue étanche. L'EPCT représente l'augmentation résiduelle de la FC, à la fin de l'activité, par rapport à son niveau de repos, avant activité. Elle doit demeurer < 20 bpm pour que la différence de température buccale avant et durant la récupération ne dépasse pas 1 % chez 95 % des travailleurs exposés (valeurs préconisées par les normes internationales). Au-delà, le travailleur est retiré du chantier</p> <p>• Évaluation des pertes hydriques en pesant les travailleurs avant et après exposition à la chaleur lorsque la durée de celle-ci excède 1 heure</p>	Meyer <i>et al.</i> (2014)
Combinaison de la surveillance de la contrainte thermique et de mesures administratives :	Modèle de régression linéaire multiple basé sur les indices WBGT (Chan <i>et al.</i> , 2012a) ou TWL (Chan <i>et al.</i> , 2013a) et qui permet d'estimer de manière plus scientifique et plus fiable la réponse physiologique individuelle de chaque travailleur en prédisant sa cotation subjective de l'effort perçu (ou échelle RPE/ <i>Rating of Perceived Exertion</i>) ² afin de concevoir des alternances travail/repos plus appropriées. L'échelle RPE est calculée à l'aide d'une équation mathématique intégrant les éléments suivants (considérés comme de bons indicateurs de la réponse physiologique du travailleur) : la valeur de l'indice WBGT ou celle de l'indice TWL, l'indice de pollution de l'air, des données	Chan <i>et al.</i> (2012a) ; Chan <i>et al.</i> (2013a)

Catégorie de mesure	Action considérée	Référence
Développement de modèles mathématiques de contrainte plus raffinés visant une meilleure prédiction de l'astreinte thermique et l'optimisation des alternances travail/repos	<p>physiologiques (p. ex., FC au repos, consommation d'énergie, taux d'échange respiratoire, pourcentage de gras), des paramètres personnels (âge, consommation d'alcool/tabac), et la durée de travail</p> <p>Selon Chan <i>et al.</i> (2013a), le modèle basé sur l'indice TWL permettrait de calculer la durée maximale de travail (ou temps de tolérance à la chaleur) à l'aide d'une équation faisant intervenir l'échelle RPE déterminée à partir de cet indice, les mêmes données physiologiques et personnelles que celles citées précédemment et la valeur de l'indice TWL</p>	
	<p>Modèle d'analyse statistique permettant de déterminer le temps de récupération optimale selon l'indice WBGT en établissant une relation entre la durée de repos et le taux de récupération, lequel est calculé par le biais de l'indice PSI. Ce dernier est évalué avant le travail et au repos à l'aide de la mesure de FC et de la température tympanique (moins intrusive que la température rectale). Ce modèle indique, qu'en moyenne, un travailleur impliqué dans les opérations de pose/montage/installation d'armature en métal ou de coffrage métallique ou d'acier durant 20 min (ou jusqu'à sensation d'épuisement) dans des conditions de chaleur et d'humidité élevées, pourrait atteindre un taux moyen de récupération de 94 % en 40 min, de 93 % en 35 min, de 92 % en 30 min, de 88 % en 25 min, de 84 % en 20 min, de 78 % en 15 min, de 68 % en 10 min et de 58 % en 5 min</p>	Chan, Yi, Wong, Yam et Chan (2012b)
	<p>Méthode de simulation Monte-Carlo permettant d'optimiser les pratiques de travail en se basant sur l'indice WBGT, les durées maximales de travail et les durées optimales de récupération, comme prédit par les modèles mathématiques de régression linéaire et d'analyse statistique décrits plus haut. Cette approche permet de proposer des cycles travail/repos optimisés selon le WBGT et pour un horaire de travail de 8 h à 18 h avec pause dîner entre 12 et 13 h, 30 min supplémentaires de répit en après-midi à 15 h 15 et :</p> <ul style="list-style-type: none"> • repos de 15 min le matin après 120 min (2 h) de travail continu (à 28,9± 1,3 °C WBGT dans l'étude), ou • repos de 20 min en après-midi après 115 min de travail continu (à 32,1±2,1 °C WBGT dans l'étude) 	Yi et Chan (2013)

Catégorie de mesure	Action considérée	Référence
	Méthode utilisant la simulation Monte-Carlo, comme développée précédemment par Yi et Chan (2013), et qui permet d'optimiser les horaires de travail en proposant, cette fois-ci, de modifier l'heure de début et d'arrêt du travail selon le protocole suivant : début du travail à 7 h 30, pause de 20 min à 9 h 40, travail continu jusqu'à midi, puis pause dîner jusqu'à 13 h, reprise du travail jusqu'à 15 h, pause de 30 min, reprise du travail à 15 h 30 en continu jusqu'à 17 h 30	Yi et Chan (2015)
Systèmes d'alerte d'astreinte thermique élevée se basant sur l'indice WBGT et la mesure de la FC	Système d'alerte précoce d'astreinte thermique élevée, liée à un environnement de travail chaud et humide, et qui exploite des équipements intelligents (capteurs pour la mesure de l'indice WBGT, bracelet de mesure de la FC, téléphone cellulaire, Bluetooth ou réseau GSM) ³ . Ce système intègre un modèle de prédiction d'astreinte thermique (réseaux de neurones artificiels) qui permet de calculer la cotation de l'effort perçu ou échelle RPE (<i>Rating of Perceived Exertion</i>), considérée comme un bon indicateur de la capacité du travailleur à poursuivre ou non sa tâche	Yi <i>et al.</i> (2016)
	Système de surveillance a) de l'indice WBGT dans l'environnement immédiat du travailleur afin d'évaluer les conditions environnementales locales dans chacune des zones de travail (les indices WBGT ne sont pas uniformes à travers un chantier de construction), et b) de la FC. Ce système combine la détection de données vitales et de la technologie de communication sans fil, basée sur le concept d'Internet des objets (<i>Internet of Things/IoT</i>) ⁴ . Il permet de calculer pour chaque travailleur une FC limite pour déclencher l'envoi de courriel d'alerte en cas de dépassement. La surveillance s'opère grâce à un service infonuage ou « cloud » (serveurs distants et accessibles par internet) dans lequel toutes les données de FC sont collectées par des capteurs au poignet tandis que les données environnementales sont colligées à partir de capteurs de températures locales installés en différents points du chantier de construction. Les moniteurs de FC permettent également de géolocaliser la position du travailleur en tout temps ⁵	Takebayashi <i>et al.</i> (2020)
	Mesure de la FC à l'aide de moniteurs portables (montres intelligentes avec capteurs optiques ⁶) et calcul de la FC de réserve ⁷ comme indicateur de charge de travail élevée susceptible d'induire un déséquilibre thermique. Cette donnée représente la différence entre la FC maximale et celle au repos et permet d'imposer, le cas échéant, une modulation de l'horaire et du rythme de travail (p. ex., une plus grande flexibilité des alternances	Hwang et Lee (2017) ; Ueno <i>et al.</i> (2018)

Catégorie de mesure	Action considérée	Référence
	travail/repos avec pauses fréquentes et courtes pour les tâches physiquement exigeantes ou une redistribution des tâches durant les autres jours de travail de manière à uniformiser la charge de travail)	
	Calcul de l'indice d'astreinte perçue ou indice PeSI (<i>Perceptual Strain Index</i>) avec une équation quelque peu différente du modèle original de Tikuisis <i>et al.</i> (2002). La limite d'exposition à la chaleur est préconisée pour une cote PeSI située entre 7 et 8 ^e	Chan et Yang (2016).
	Surveillance du niveau d'hydratation par la pesée des travailleurs avant le travail et après exposition (durant les pauses et à la fin du quart du travail) ; calcul de la densité urinaire	Miller et Bates (2007a) ; Bates et Schneider (2008) ; Flouris, Ioannou, <i>et al.</i> (2018) ; Ueno <i>et al.</i> (2018)
Mesures d'ingénierie	Perfectionnement du système de ventilation des tunnels par modélisation numérique pour les travailleurs impliqués dans le forage de telles structures : augmentation équilibrée de la vitesse du flux d'air entrant jusqu'à obtention d'une valeur limite optimale qui permettrait d'améliorer l'effet de refroidissement	Zhang, Z. <i>et al.</i> (2020)
	Usage de ventilateurs électriques individuels ⁹ , locaux fermés avec air conditionné (pauses et à la fin du quart de travail)	Flouris, Ioannou, <i>et al.</i> (2018) ; Yasmeen <i>et al.</i> (2020)
Mesures administratives	<p>Cas particulier des travailleurs impliqués dans l'enlèvement d'amiante</p> <ul style="list-style-type: none"> • Évaluation médicale préliminaire d'aptitude à la chaleur avec éventuellement des examens complémentaires (p. ex., électrocardiogramme, tests d'effort, glycémie) qui tiennent compte du port de la protection respiratoire, du travail en profondeur et de la charge de travail • Formation/sensibilisation sur les risques sanitaires associés à la contrainte thermique • Pour des températures ambiantes < 40 °C : deux heures au maximum de travail (selon la réglementation en vigueur sur les chantiers de désamiantage) et un temps de récupération d'une heure au minimum après chaque vacation 	Laroudie et Vuillaume (2008)

Catégorie de mesure	Action considérée	Référence
	<p>Organisation des alternances exposition à la chaleur/repos à l'aide des EPCT et la perte hydrique, le cas échéant. La durée initiale d'exposition à la chaleur est de 10 min, suivie d'une phase de repos, puis augmentation progressive par palier de 10 min jusqu'à ce que la durée limite de travail soit atteinte. Celle-ci est déterminée lorsque les EPCT durant la phase de récupération sont > 20 battements par minute ou lorsque la perte de masse corporelle dépasse 1,5-2 % pour les durées d'exposition supérieures à 1 h</p>	<p>Meyer <i>et al.</i> (2014)</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • Plan d'adaptation à la chaleur plus approprié à considérer et développer à l'avance et de préférence sous la charge d'une personne désignée. Celle-ci doit également surveiller les alertes météorologiques précoces pour une meilleure préparation. Ce plan est tenu d'identifier toutes les mesures préventives (individuelles ou combinaison de mesures) applicables dans des conditions de travail spécifiques et devant être traduites par des actions et des habitudes que les travailleurs pourront facilement adopter lors des périodes de fortes chaleurs. • Séances de formation/sensibilisation au début de l'été avec rappels et suivis réguliers sur les risques sanitaires liés à la chaleur, les mesures préventives mises en œuvre sur le lieu de travail, tout en mettant l'accent, entre autres, sur l'importance de l'acclimatation, l'hydratation, la reconnaissance de premiers signes/symptômes des troubles liés à la chaleur et l'administration de premiers secours • Programme d'acclimatation établi en planifiant le flux des activités de manière à permettre aux travailleurs de s'adapter sur une période d'une semaine au minimum en tenant compte de la perte d'acclimatation si le travailleur demeure de longues périodes dans des environnements artificiellement frais (p. ex., locaux fermés avec air conditionné) 	<p>Flouris, Ioannou, <i>et al.</i> (2018); Yasmeen <i>et al.</i> (2020)</p>
Hydratation renforcée	<p>Accès illimité à l'eau en tout temps : réhydratation avant le début du quart de travail¹⁰ pour permettre de maintenir un meilleur niveau d'hydratation durant la journée ; maintien de la consommation d'eau pendant le travail, tout particulièrement en après-midi¹¹, pour éviter la déshydratation, et à la fin du quart de travail. Promotion soutenue de l'hydratation¹²</p>	<p>Miller et Bates (2007a); Bates et Schneider (2008); Bates, Miller et Joubert (2010); Flouris, Ioannou, <i>et al.</i> (2018); Kuwabara <i>et al.</i> (2020)</p>

Catégorie de mesure	Action considérée		Référence
	Postes fixes d'hydratation disposés dans tous les étages du chantier de construction et les lieux de travail isolés ; distribution de bouteilles d'eau individuelles ; gourdes d'eau à la ceinture ; ajout d'électrolytes à l'eau de boisson en cas de sudation importante (sauf avis médical contraire)		Flouris, Ioannou, <i>et al.</i> (2018)
	Autogestion du rythme de travail ¹³ , comme comportement protecteur qui permet au travailleur acclimaté et bien hydraté d'ajuster sa propre cadence selon les conditions environnementales		Bates et Schneider (2008) ; Miller, Bates, Schneider et Thomsen (2011) ; Ueno <i>et al.</i> (2018)
Réorganisation du travail		Modification de l'horaire de travail de manière à réduire les activités en après-midi, période durant laquelle la charge de travail est généralement plus élevée. Horaire proposé : 6 h à 14 h au lieu de 7 h à 15 h	Hwang et Lee (2017)
		Début du quart de travail plus tôt le matin ; déplacement des tâches exigeantes, ou celles menées à l'extérieur, à des heures plus fraîches ; phases de repos plus fréquentes et ajout de pauses supplémentaires (1,5 min toutes les 30 min), à l'ombre ou dans un lieu frais (p. ex., espace fermé avec air conditionné)	Flouris, Ioannou, <i>et al.</i> (2018)
		Régime de travail divisé en deux périodes : une première située tôt le matin et une deuxième en après-midi, avec une seule pause. Cette approche permet une meilleure tolérance à la chaleur pour les travailleurs acclimatés avec une capacité de travail augmentée de 3 h ou plus à des températures WBGT élevées.	Yasmeen <i>et al.</i> (2020)
Mesures de protection personnelle	Habillement adapté	Combinaison de protection étanche ventilée type « Mururoa® » destinée aux travailleurs impliqués dans l'enlèvement d'amiante. La tenue intègre bottes, gants et heaume, tous solidaires avec la combinaison. Elle n'est pas équipée d'appareil de protection respiratoire, mais elle est dotée d'un système d'envoi d'air ambiant comprimé et filtré à raison de 700 l/min ¹⁴	Turpin-Legendre et Meyer (2012)
		Uniforme de travail favorisant un microclimat confortable avec une faible résistance à l'air (grande perméabilité ou respirant) et une grande capacité de gestion de l'humidité. Le modèle est ample, léger, et fabriqué avec des tissus fins, de couleur claire. Conçu	Chan <i>et al.</i> (2015) ; Chan <i>et al.</i> (2016b) ;

Catégorie de mesure	Action considérée	Référence
	pour rehausser le bien-être des travailleurs en ambiances chaudes et humides, il est composé d'un chandail en 100 % Coolmax (polyester à propriété d'évacuation de l'humidité, épaisseur de 0,62 mm) et d'un pantalon confectionné dans un tissu constitué de 60 % coton et 40 % polyester traité avec des nanoparticules d'argent et de fer (épaisseur de 0,48 mm)	Yang et Chan (2017b)
	Vêtements en tissus légers, aérés, amples et de couleur claire ; équipement individuel de travail, lorsque nécessaire, de type ventilé (sous les aisselles, entre les jambes, aux coudes, derrière les genoux) ; casque de sécurité muni d'orifices pour une ventilation naturelle	Flouris, Ioannou, <i>et al.</i> (2018)
	Veste de travail légère ventilée munie de petits ventilateurs de refroidissement situés dans le bas du dos, en position latérale et fonctionnant à l'aide de piles alcalines	Kuwabara <i>et al.</i> (2020)
	Veste de refroidissement hybride contenant des blocs réfrigérants (ou autre matériau à changement de phase à base de sulfate de sodium) et deux ventilateurs incorporés de petite taille fonctionnant avec des piles alcalines ou rechargeables à lithium). La veste peut être portée sur les vêtements de travail durant les activités (Chan <i>et al.</i> , 2016a) ou durant les pauses (Yi, Zhao, Chan et Lam, 2017 ; Guo <i>et al.</i> , 2019)	Chan <i>et al.</i> (2016a) ; Yi <i>et al.</i> (2017) ; Guo <i>et al.</i> (2019)
	Veste de refroidissement hybride avec huit blocs avec matériau à changement de phase à base de sulfate de sodium et deux ventilateurs incorporés de petite taille fonctionnant avec des piles rechargeables à lithium. La veste est confectionnée en tissu respirant et peut être portée sur les vêtements de travail durant la phase de repos d'une durée de 30 min.	Zhao, Y. J., Yi, Chan, Wong et Yam (2017)
	Combinaison de mesures : Veste de refroidissement hybride munie de blocs réfrigérants avec matériau à changement de phase, à base de sulfate de sodium, et deux ventilateurs incorporés de petite taille fonctionnant avec des piles rechargeables à lithium. La veste peut être portée sur un uniforme de travail innovant qui favorise un microclimat confortable (comme décrit précédemment). La veste est à porter durant les pauses de 15 à 30 min prises entre deux temps de travail sur les chantiers de construction caractérisés par des répétitions de périodes de travail sous la chaleur	Zhao, Y., Yi, Chan et Wong (2018).
	Consommation de glace pilée (<i>Ice Slurry</i>) ; refroidissement du corps par aspersion d'eau sur la peau (bras, nuque et visage) toutes les heures	Flouris, Ioannou, <i>et al.</i> (2018)

¹ Les EPCT (exprimées en battements par min) sont calculées comme suit :

$$EPCT = \text{moy}FC_R - FC_0$$

FC_0 , fréquence cardiaque au repos avant exposition, $moyFC_R$ = moyenne des fréquences cardiaques des 3^e, 4^e et 5^e minutes de récupération après exposition (soit $R3 + R4 + R5$)/3) (Meyer *et al.*, 2014).

²La cotation de l'effort perçu ou échelle RPE (*Rating of Perceived Exertion*) est une évaluation effectuée normalement par le travailleur lui-même selon sa perception de l'effort en lui attribuant une valeur sur une échelle de Borg allant de 0 = repos à 10 = maximale. Cette échelle permet une appréciation subjective de la charge de travail, car elle indique si le travailleur a la capacité de continuer ou non sa tâche. Elle est d'ailleurs recommandée dans des conditions qui combinent ambiance chaude et charge de travail lourde (Robert *et al.*, 2019). Les modèles de contrainte thermique proposés par Chan *et al.* (2012a) et Chan *et al.* (2013a) ont été développés pour prédire l'échelle RPE sans faire intervenir le travailleur et permettre de décrire l'effet relatif de variables indépendantes (indice de contrainte thermique, facteurs personnels et physiologiques) sur une variable dépendante unique, soit l'échelle RPE. Selon ces auteurs, cette échelle augmente avec certains paramètres dont l'âge, la durée du travail, l'indice de contrainte thermique, l'indice de pollution, la consommation d'alcool et le tabagisme. La capacité du travailleur à poursuivre sa tâche diminue au fur et à mesure que l'échelle RPE augmente (Chan *et al.*, 2012a; Chan *et al.*, 2013a).

³L'architecture du système d'alerte précoce se compose de 4 couches (Yi *et al.*, 2016) :

- a- Détection et collecte de données avec capteurs pour la mesure des indices WBGT instantanés à différents endroits du lieu de travail et bracelet intelligent de lecture de fréquence cardiaque (FC). Les données personnelles (âge, poids, taille, consommation alcool/tabac) et les paramètres liés au travail (durée et nature des tâches) sont collectés et saisis manuellement sur des téléphones intelligents avant et pendant le travail ;
- b- Transmission par technologies sans fil (Bluetooth et réseau GSM) sur les téléphones intelligents des travailleurs et des superviseurs ;
- c- Traitement numérique des données afin d'évaluer l'astreinte thermique de manière objective (établissement d'un graphe de FC) et subjective, à l'aide du réseau de neurones artificiels qui permet de prédire l'échelle RPE. Le système d'alerte précoce est conçu pour calculer cette échelle pour chaque travailleur à l'aide de l'indice WBGT, des paramètres personnels et de ceux liés au travail ;
- d - Affichage et contrôle basés sur un système de couleur comme signal d'alerte lorsque le statut physiologique et psychologique du travailleur présente le risque d'atteindre un niveau inacceptable. Les alertes émises permettent la mise en place de mesures de prévention et la surveillance des travailleurs les plus à risque.

Exemple : une échelle RPE allant de 0 à 3, correspondant à une FC de moins de 100 battements par min (bpm), génère un signal de couleur bleu signifiant des conditions de travail globalement sécuritaires qui nécessitent comme unique intervention la disponibilité de contenants d'eau portables, disposés à proximité du site de travail. Un indice RPE qui va de 9 à 10, correspondant à une FC de plus de 180 bpm, produit un signal de couleur rouge qui indique un « avertissement sévère » et implique le retrait du travailleur et le repos dans un endroit frais avec signalement à l'équipe médicale des signes/symptômes de troubles liés à la chaleur s'il y a lieu (Yi *et al.*, 2016).

⁴L'Union internationale des télécommunications (UIT) définit l'Internet des Objets ou IoT (« *Internet of Things* ») comme étant une « *infrastructure mondiale pour la société de l'information, qui permet de disposer de services évolués en interconnectant des objets (physiques ou virtuels) grâce aux technologies de l'information et de la communication interopérables existantes ou en évolution* » (UIT, 2016)

⁵Les données recueillies sont transmises à l'infonuage où elles sont traitées pour générer des alertes en cas de dépassement des valeurs seuils d'exposition pour les indices WBGT mesurés dans l'environnement du travailleur et lorsque les valeurs de FC collectées sont supérieures à celles qui doivent être maintenues durant le travail (soit = $185 - 0,65 \times \text{âge}$) et sur une période de plusieurs minutes (soit = $180 \text{ min} - \text{âge}$). Les alertes sont envoyées par courriel vers les téléphones intelligents des chefs d'équipe de chaque zone de travail et vers le système central de gestion en ligne administré par les superviseurs. La position de travailleurs est localisée grâce aux passerelles IoT disséminées sur le chantier de construction (Takebayashi *et al.*, 2020).

⁶Les capteurs optiques de FC sont basés sur la technique de photopléthysmographie qui utilise la lumière verte avec transmission des données sur un téléphone intelligent. Ce type de lumière permet une certaine robustesse et stabilité du signal relativement au bruit excessif susceptible de perturber la mesure de FC (Hwang, Seo, Jebelli et Lee, 2016).

⁷La fréquence cardiaque de réserve (FCR) (ou *HRR* pour *Heart Rate Reserve*) ou %FCR (%*HRR*) est calculée à l'aide de la formule : $\%FCR = (FC_T - FC_R) / (FC_{max} - FC_R) \times 100 \%$. La FC_T représente la FC en battements par min [bpm] mesurée durant le travail tandis que la FC_R est celle mesurée durant le repos et correspond à la plus petite valeur stable mesurée généralement avant et après le quart de travail ainsi que durant les pauses du matin et celle du déjeuner. La FC_{max} est la valeur maximale de FC, calculée selon la formule : $208 - 0,7 \times \text{âge}$. Le % FCR permet de se concentrer uniquement sur la variation de FC induite par l'action combinée de la chaleur et de l'activité physique sans influence des différences interindividuelles (âge, maladies sous-jacentes, etc.). Une hausse du % FCR est considérée comme étant un bon indicateur de charge de travail élevée susceptible d'entraîner un déséquilibre thermique (Hwang et Lee, 2017 ; Ueno *et al.*, 2018).

⁸Chan et Yang (2016) ont utilisé la formule suivante pour calculer l'indice PeSI : $5 \times (RPE_i/10) + 5 \times [(TS_i - 1)/6]$ où RPE_i et TS_i représentent respectivement la cotation de l'effort et de la sensation thermique tels que perçus par le travailleur durant une période « i » du travail.

⁹Yasmeen *et al.* (2020) ont observé que l'usage de ventilateurs électriques en fin de quart de travail permettait de réduire la température cutanée des travailleurs de 0,9 °C comparativement à 0,4 °C pour une ventilation naturelle. De plus, la fréquence cardiaque était diminuée une minute plus tôt à l'aide des ventilateurs électriques.

¹⁰Flouris, Ioannou, *et al.* (2018) recommandent une consommation de 500 à 750 ml d'eau avant le quart de travail et le maintien de l'hydratation durant la journée à raison de 750 ml toutes les heures. Selon les auteurs, neuf travailleurs du secteur de la construction sur dix commencent leur quart de travail dans un état de déshydratation.

¹¹La déshydratation est plus prononcée chez les travailleurs durant l'après-midi (dernier quart de travail) comparativement à la matinée (Ueno *et al.*, 2018 ; Kuwabara *et al.*, 2020).

¹²Bates *et al.* (2010) ont proposé l'élaboration d'un guide de la gestion de la contrainte thermique qui intègre la promotion de l'hydratation auprès des travailleurs et un programme d'amélioration du niveau d'hydratation qui inclut des stratégies pratiques pour faire face aux problèmes logistiques qui pourraient se présenter.

¹³Bates et Schneider (2008) proposent une approche de gestion considérée comme étant flexible qui associe l'utilisation de l'indice TWL pour la surveillance de la contrainte thermique, l'encouragement à l'autogestion de travail, la sensibilisation à l'hydratation et à la mise à la disposition des travailleurs acclimatés d'une abondance de fluide.

¹⁴Nouvelle combinaison proposée pour remplacer celle actuellement utilisée de modèle Tyvek-Pro.Tech® type 5, imperméable et à usage unique. Cette dernière est composée d'une capuche et d'un appareil de protection respiratoire à adduction d'air solidarisés à la combinaison par du ruban adhésif au même titre que les gants et les bottes (Turpin-Legendre et Meyer, 2012).

Tableau 20. Mesures d'adaptation recensées pour les manœuvres à l'entretien des travaux publics [7621]

Catégorie de mesure	Action considérée	Référence
Surveillance de la contrainte thermique	Indice de chaleur calculé à l'aide des données recueillies par le <i>National Weather Service</i> (service météorologique des États-Unis) et par un appareil de mesure portable <i>iButton®</i> porté dans la ceinture ou la poche du chandail pour relever la température et l'humidité relative personnelles, soit dans l'environnement immédiat des travailleurs. Cette méthode permet une meilleure appréciation de l'ambiance thermique chaude à laquelle les travailleurs sont exposés ¹	Uejio <i>et al.</i> (2018)
	Indice de chaleur calculé à l'aide de l'application OSHA/NIOSH qui fournit également les prévisions météorologiques spécifiques à la localisation des superviseurs et travailleurs pour optimiser l'organisation du travail	McCarthy <i>et al.</i> (2019) ²
Mesures d'ingénierie	Ventilateurs électriques (dans les zones de repos, généralement un garage) ; locaux et véhicules de service avec air conditionné	Uejio <i>et al.</i> (2018)
	Auvents mobiles	McCarthy <i>et al.</i> (2019)
Mesures administratives	Évaluation préliminaire pour le dépistage de l'intolérance à la chaleur à l'aide d'un questionnaire ³ (questions portant sur les maladies antérieures liées à la chaleur, maladies chroniques, prise de médicaments, indice de masse corporelle, etc.). Les informations médicales obtenues sur l'état de santé des travailleurs, leur capacité à exercer les tâches essentielles et les besoins, si nécessaire, d'accommodations particulières durant les périodes de chaleur excessive, doivent être transmises aux superviseurs	McCarthy <i>et al.</i> (2019)
	<ul style="list-style-type: none"> • Formation annuelle en période de préplacement (avant désignation du poste de travail)⁴ et qui doit être centrée sur la sensibilisation à la contrainte thermique, la prévention des maladies associées à la chaleur et la reconnaissance de premiers symptômes, l'acclimatation, l'hydratation, le type d'habillement adéquat, les premiers soins d'urgence, la surveillance des données et avis météorologiques pour les superviseurs • Programme d'acclimatation⁵ • Réorganisation du travail : limitation de la durée et de l'intensité du travail selon l'exposition totale à la chaleur pendant la journée ; ajustement des alternances travail/repos ; exécution, autant que possible, des tâches dans des endroits à l'ombre ou à l'intérieur • Accès à des abris naturels et fourniture d'auvents mobiles • Hydratation renforcée : accès illimité à l'eau ou à des boissons pour sportifs⁶ ; stations d'hydratation proches du site de travail ; protocole rigoureux : une tasse d'eau fraîche (température < 15 °C) toutes les 15-20 min, en évitant alcool et caféine 	Uejio <i>et al.</i> (2018) McCarthy <i>et al.</i> (2019)

Catégorie de mesure	Action considérée	Référence
	<ul style="list-style-type: none"> Programme de surveillance médicale sur les lieux de travail pour prévenir et identifier les premiers signes de troubles liés à la chaleur, et administrer les premiers secours. Mise en place d'un système de communication rapide avec les superviseurs dans les situations d'urgence médicale⁷ 	
Protection personnelle	Veste de refroidissement hybride munie de blocs réfrigérants et de petits ventilateurs incorporés fonctionnant avec des piles alcalines. À porter sur les vêtements de travail	Chan <i>et al.</i> (2013b) ; Chan <i>et al.</i> (2016a)
	Habillement adapté : vêtements de travail amples, légers et en tissu respirant avec port de chapeau à large bord	Uejio <i>et al.</i> (2018)

¹Dans l'étude de Uejio *et al.* (2018), les températures personnelles étaient en moyenne plus élevées et plus variables que celles mesurées par la station météorologique. Près de 40 % des travailleurs ont vécu des conditions plus chaudes et plus humides (indice de chaleur supérieur à 2) comparativement aux données fournies par la station (Uejio *et al.*, 2018)

²Mesures d'adaptation adoptées dans le cadre du Programme de sensibilisation sur la contrainte thermique ou *Heat Stress Awareness Program* (HSAP) qui intègre des recommandations spécifiques destinées au département des superviseurs et du gestionnaire en sécurité et qui concernent les risques associés à la contrainte thermique et la connaissance/prévention des maladies reliées. Ce programme est basé sur les lignes directrices énoncées par l'Occupational Safety and Health Administration (OSHA) et le National Institute of Occupational Safety and Health (McCarthy *et al.*, 2019).

³Deux situations sont possibles selon les réponses au questionnaire : a) prise d'un rendez-vous médical pour un suivi individualisé (avec le directeur médical ou l'infirmière) et remise en fin de consultation d'une carte imprimée en anglais et en espagnol désignée par *OSHA Quick Card on Heat Stress* rappelant, en bref, les signes/symptômes des troubles liés à la chaleur, les mesures préventives et les premiers soins d'urgence, b) envoi d'une lettre au travailleur avant la période de fortes chaleurs pour une vigilance accrue avec rappels des risques liés à la chaleur et la reconnaissance de premiers symptômes (McCarthy *et al.*, 2019).

⁴ Le contenu de la formation doit être développé par le directeur médical avec consultation de superviseurs et des employés (McCarthy *et al.*, 2019).

⁵ Le programme d'acclimatation est destiné à tous les nouveaux travailleurs et ceux qui ont été absents 3 jours et plus durant la saison chaude, soit entre le 15 mai et le 15 septembre (McCarthy *et al.*, 2019).

⁶Les recommandations du NIOSH sont les suivantes, selon la durée de l'exposition à la chaleur : a) moins de 2 h et travail d'intensité modérée, au moins 250 ml d'eau à 15 °C toutes les 15 à 20 min, b) plus de 2 h, remplacer l'eau par des boissons pour sportifs avec une concentration en électrolytes/glucides n'excédant pas 8 % pour suppléer à la perte d'électrolytes causée par la transpiration et éviter la diminution de la concentration en sodium (hyponatrémie) due à la consommation excessive d'eau plate. La présence de glucides dans les boissons pour sportifs améliore l'absorption intestinale des électrolytes, mais au-delà de 8 % le taux d'absorption est ralenti. Ce type de boissons n'est préconisé que dans ces conditions, car autrement il n'y a aucun bénéfice additionnel (Jacklitsch *et al.*, 2016). Par ailleurs, le fructose est à déconseiller en raison de risques de troubles gastro-intestinaux (NEHC, 2007).

⁷Le programme HSAP recommande la présence en permanence d'un membre des services médicaux bilingues (anglais/espagnol en l'occurrence puisque l'étude se déroule aux États-Unis) sur les lieux de travail (McCarthy *et al.*, 2019).

Tableau 21. Mesures d'adaptation recensées pour les conducteurs/conductrices de machines d'abattage d'arbres [8241], ouvriers/ouvrières en sylviculture et en exploitation forestière [8422] et manœuvres de l'exploitation forestière [8616]

Catégorie de mesure	Action considérée	Référence	
Surveillance de la contrainte et/ou de l'astreinte thermique	<ul style="list-style-type: none"> • Indice WBGT • Surveillance de la FC durant le quart de travail pour une meilleure estimation du métabolisme du travail (MT) ou charge de travail¹ afin d'optimiser les alternances travail/repos pour laquelle le MT représente une donnée fondamentale (le temps de repos va en effet dépendre de la charge de travail)² 	Dubé <i>et al.</i> (2019)	
	Autoévaluation de l'état d'hydratation par l'inspection de la couleur des urines	CNESST (2021)	
Mesures administratives	<ul style="list-style-type: none"> • Élaboration d'un plan d'action chaleur qui devra inclure les interventions selon, notamment, les exigences des tâches et du type d'équipements • Séances d'information sur les risques liés à la chaleur • Évaluation régulière des risques sanitaires pour les travailleurs • Réorganisation du travail (p. ex., alternances travail/repos améliorées en réduisant le temps de travail et en augmentant la durée et la fréquence des phases de repos, réduction du rythme de travail ; report des tâches exigeantes aux périodes les plus fraîches ; arrêt immédiat de travail en cas de premiers signes de coup de chaleur) • Surveillance mutuelle et autosurveillance des signes/symptômes des troubles liés à la chaleur • Signalement de tout incident lié à la chaleur ; interruption de travail lorsque nécessaire ; appel à la vigilance en cas de problèmes de santé • Hydratation à volonté avec accès en tout temps à de l'eau fraîche (température entre 12 à 15 °C), avant, pendant et après le quart de travail, toutes les 20 min sans dépasser 1,5 l/h, davantage si consommation de caféine • Alimentation adaptée riche en eau (fruits) et en sodium (charcuterie, biscottes salées, etc.) • Aide médicale d'urgence disponible sur place pour administrer les premiers soins 	CNESST (2021)	
Mesures de protection personnelle	Habillement adapté	Casque de protection aéré muni de 37 trous de 9,5 mm de diamètre autour de la ligne centrale et permettant une ventilation passive	Davis, Edmisten, Thomas, Rummer et Pascoe (2001)
		Vêtements légers, de couleur claire, en tissu perméable et port de chapeau de protection	CNESST (2021)

¹Le métabolisme de travail (exprimé en Joule par seconde, en kilocalorie par heure ou en Watt) traduit la charge physique imposée par le travail, c'est-à-dire la dépense énergétique qu'il génère. Il est synonyme de charge de travail (Dubé *et al.*, 2019).

²Cette méthode est destinée aux professionnels de SST. La mesure de la consommation d'oxygène (VO_2) est traditionnellement utilisée pour évaluer le métabolisme de travail (MT). La fréquence cardiaque (FC) peut toutefois remplacer la VO_2 étant donnée la relation linéaire entre ces deux paramètres physiologiques. La FC demeure cependant un indicateur global de l'astreinte thermique, car elle peut augmenter sous l'effet d'autres stressors (p. ex. fièvre, déshydratation, douleurs sous-jacentes) sans qu'il y ait pour autant élévation du MT et ainsi de la VO_2 . Il est donc nécessaire d'utiliser une FC corrigée qui ne traduit que l'intensité de la charge de travail. Or, cette FC est intégrée dans une équation qui permet de calculer la FC durant le travail et qui est $FC = FC_0 + \Delta FC_M + \Delta FC_T$, où FC_0 est la FC mesurée au repos, ΔFC_M représente la hausse de la FC liée uniquement au MT, ce qui correspond donc à la FC corrigée d'intérêt, et ΔFC_T exprime l'élévation de la FC associée à la chaleur accumulée. La FC augmente lorsqu'au moins un des paramètres de l'équation augmente, ce qui signifie que lorsque cet indicateur est élevé le MT pourrait être surestimé. Il est donc pertinent de calculer la ΔFC_T , de la soustraire de la FC mesurée objectivement pour pouvoir estimer la FC corrigée ou ΔFC_M . Deux méthodes sont proposées par les auteurs pour évaluer la ΔFC_T : la méthode de VOGT, analysant le profil de la FC afin d'estimer les extrapulsations cardiaques thermiques (EPCT, ou l'augmentation résiduelles de la FC par rapport à sa valeur au repos), et celle de KAMP, basée sur l'estimation des EPCT par l'enregistrement continu de la température corporelle et de la FC (Dubé *et al.*, 2019).

Tableau 22. Mesures d'adaptation recensées pour les opérateurs/opératrices de scies à chaîne et d'engins de débardage [8421]

Catégorie de mesure	Action considérée	Référence
Surveillance de la contrainte et de l'astreinte thermique	Indice WBGT Évaluation du niveau d'hydratation par la mesure de la densité urinaire	Bates, Parker, Ashby et Bentley (2001)
Mesures administratives	<ul style="list-style-type: none"> • Élaboration d'un plan d'action à la chaleur qui doit inclure les interventions selon les exigences des tâches et du type d'équipements • Séances d'information sur les risques liés à la chaleur • Évaluation régulière du risque • Réorganisation du travail (p. ex., alternances travail/repos améliorées en réduisant le temps de travail et en augmentant la durée et la fréquence des pauses, réduction du rythme de travail - report des tâches exigeantes aux périodes les plus fraîches- arrêt immédiat de travail en cas de premiers signes de coup de chaleur) • Surveillance mutuelle et autosurveillance des signes/symptômes des troubles liés à la chaleur • Signalement de tout incident lié à la chaleur aux superviseurs ou secouristes sur place, arrêt de travail lorsque nécessaire, appel à la vigilance en cas de problèmes de santé sous-jacents ou de prise de médicaments • Hydratation à volonté¹. Bates <i>et al.</i> (2001) préconisent, en particulier, la consommation d'eau aromatisée (ajout de tranches de citron ou d'un peu de liqueur légère non alcoolisée) et l'utilisation de bouteille d'eau de type Camelbak®² • Programme éducatif sur les bonnes pratiques d'hydratation³ • Alimentation adaptée riche en eau (fruits) et riches en sodium (charcuterie, biscottes salées, etc.) • Aide médicale d'urgence disponible sur place pour administrer les premiers soins 	Bates <i>et al.</i> (2001); CNESST (2021)
Protection personnelle	Habillement adapté : vêtements légers autant que possible, de couleur claire, perméables et port de chapeau de protection	CNESST (2021)

¹ Dans le document de la CNESST, il est recommandé que les travailleurs aient un accès en tout temps à de l'eau fraîche (entre 12 à 15 °C). La consommation d'eau doit être maintenue avant, pendant et après le quart de travail, toutes les 20 min et pas plus de 1,5 l/h, davantage en cas d'ingestion de boissons qui contiennent de la caféine (CNESST, 2021).

² Les bouteilles d'eau de type Camelbak® permettent d'éviter l'ouverture manuelle du contenant et la contamination avec le mélange huile et essence destiné au fonctionnement des tronçonneuses (Bates *et al.*, 2001)

³ Bates *et al.* (2001) ont souligné la problématique de la déshydratation chez les bûcherons qui portent des équipements complets de protection personnelle (casque, pantalons et bottes de travail résistants aux coupures, gilet de haute visibilité, coquilles antibruit).

Tableau 23. Mesures d'adaptation recensées pour les ouvriers/ouvrières agricoles [8431] et les manœuvres à la récolte [8611]

Catégorie de mesure	Action considérée	Référence	
Surveillance de la contrainte thermique	Indice WBGT	Jackson et Rosenberg (2010) ; Kashiwagi, Kashimura et Takahashi (2011) ; Bodin <i>et al.</i> (2016) ; Wegman <i>et al.</i> (2018) ; Butler-Dawson <i>et al.</i> (2019) ; Flouris <i>et al.</i> (2019) ; Vega-Arroyo <i>et al.</i> (2019) ; Morabito <i>et al.</i> (2020) ; Moyce <i>et al.</i> (2020)	
	Indices WBGT et PHS	Cecchini, Colantoni, Massantini et Monarca (2010)	
	Indice de chaleur ¹ . Mac <i>et al.</i> (2019) proposent de calculer l'indice de chaleur directement à partir des données météorologiques régionales du lieu de travail au lieu d'utiliser celles fournies par le service national de météorologie des États-Unis (<i>National Weather Service</i>) ²	Jackson et Rosenberg (2010) ; Bahramian (2013) ; Fleischer <i>et al.</i> (2013) ; Luque <i>et al.</i> (2019) ; Mac <i>et al.</i> (2019) ; Vega-Arroyo <i>et al.</i> (2019) ; Tigchelaar <i>et al.</i> (2020)	
	Indice PHS qui tient compte des données météorologiques et des propriétés d'isolation thermique et de résistance à l'évaporation associées aux différents vêtements portés (incluant les équipements de protection individuelle lors de la pulvérisation de pesticides). Cet indice permet d'estimer des durées limites d'exposition selon divers scénarios d'humidité relative	Kuklane <i>et al.</i> (2020)	
	Température de l'air corrigée	UPA (2020)	
Surveillance de l'astreinte thermique	Autosurveillance de la fréquence cardiaque (utilisation de montres intelligentes), suivi de la température buccale et évaluation du niveau d'hydratation par la pesée avant et après le quart de travail ³	Dessureault et Tellier (2008)	
	Surveillance de la température rectale	Morris <i>et al.</i> (2018)	
	Évaluation du niveau d'hydratation	Autoévaluation par inspection de la couleur des urines (un travailleur bien hydraté doit pouvoir uriner toutes les 2-3 h et ses urines doivent être claires)	Jackson et Rosenberg (2010) ; Morris <i>et al.</i> (2018) ; Flouris <i>et al.</i> (2019)
		Pesée des travailleurs avant et après le quart de travail, calcul de la densité urinaire	Bodin <i>et al.</i> (2016) ; Wegman <i>et al.</i> (2018) ; Butler-Dawson <i>et al.</i> (2019)

Catégorie de mesure	Action considérée	Référence
Mesures d'ingénierie	Adaptation des outils, des équipements et des procédés pour réduire la charge de travail	Jackson et Rosenberg (2010)
	Abris équipés de ventilateurs électriques, de ventilateurs brumisateurs individuels ⁴ et autres équipements portables de refroidissement, incluant des climatiseurs	Jackson et Rosenberg (2010) ; Morris <i>et al.</i> (2018) ; UPA (2020)
	Remorques adaptées munies d'auvents (servant d'abri mobile), de sièges pour le repos et pourvues d'eau potable et de toilettes	Jackson et Rosenberg (2010) ;
	Auvents mobiles avec ou sans station d'hydratation intégrée	Luque <i>et al.</i> (2019)
Mesures administratives	Élaboration d'un plan de prévention chaleur à l'avance et qui décrit l'ensemble des procédures et mesures préventives mises en place ; désignation d'une ou de plusieurs personne(s) responsable(s) du plan de prévention et de la santé et sécurité des travailleurs ; mise à la disposition des travailleurs d'un plan d'intervention ; consultation régulière des prévisions météorologiques par la ou les personne(s) désignée(s) pour décider de l'application du plan de prévention chaleur ⁵	Jackson et Rosenberg (2010) ; Morris <i>et al.</i> (2018)
	<ul style="list-style-type: none"> • Programme de formation annuelle et/ou d'éducation sanitaire avant le début de l'exposition à la chaleur et destiné pour l'ensemble des travailleurs, y compris les saisonniers et les superviseurs. Le plan doit tenir compte des spécificités culturelles et linguistiques des travailleurs migrants • Formation ciblée sur les risques sanitaires liés à la chaleur et qui met l'accent sur les facteurs de risque environnementaux (p. ex., température, humidité, circulation d'air), personnels (p. ex., l'âge, les maladies chroniques sous-jacentes, le poids) et liés au travail (p. ex. rythme de travail, port d'équipements de protection individuelle ou ÉPI) de même que sur la reconnaissance de premiers signes/symptômes de troubles liés à la chaleur, l'importance d'éliminer la chaleur accumulée par les ÉPI, les mesures préventives en place, l'impératif d'une hydratation adéquate, de l'autosurveillance et de l'acclimatation, et les procédures d'urgence mises en place pour l'administration de premiers soins avant l'arrivée des équipes médicales⁶ 	Jackson et Rosenberg (2010) ; Culp, Tonelli, Ramey, Donham et Fuortes (2011) ; Fleischer <i>et al.</i> (2013) ; Stoecklin-Marais, Hennessy-Burt, Mitchell et Schenker (2013) ; El-Shafei <i>et al.</i> (2018) ; Luque <i>et al.</i> (2019) ; Smith, Ferranti, Hertzberg et Mac (2020)

Catégorie de mesure	Action considérée	Référence	
	<p>Programme d'acclimatation pour tout nouveau travailleur, y compris les saisonniers, au début de chaque vague de chaleur et après 1 à 2 semaines d'absence (réacclimatation) selon les protocoles suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Modification des horaires de travail durant les premières semaines pour les travailleurs nouvellement embauchés avec augmentation graduelle de la durée et de la charge de travail, en fonction de la condition physique initiale et des expositions antérieures du travailleur • Entraînement physique pendant les périodes fraîches (tôt le matin ou le soir) quelques jours avant le travail et durant les premiers jours des activités 	Cecchini <i>et al.</i> (2010) ; Jackson et Rosenberg (2010) ; Culp <i>et al.</i> (2011) ; Morris <i>et al.</i> (2018) ; Luque <i>et al.</i> (2019) ; Glaser <i>et al.</i> (2020)	
	<p>Sensibilisation continue sur les risques liés à la contrainte thermique et sur l'importance de l'hydratation avec rappels réguliers à ce sujet</p>	<p>Rappels verbaux des instructions avant le début du quart de travail et pendant les activités de chargement des tracteurs ou des wagons ; distribution de prospectus en couleur et bilingues (anglais/espagnol dans le contexte de l'étude) durant les pauses ; formation des employeurs (dont le rappel et la révision de la réglementation)</p>	Culp <i>et al.</i> (2011)
		<p>Présence sur le lieu de travail d'éducateurs en SST pour sensibiliser davantage sur l'importance de l'hydratation et des risques sanitaires liés à la contrainte thermique</p>	Glaser <i>et al.</i> (2020)
	<p>Surveillance médicale</p>	<p>Contrôle de l'état de santé en dehors des heures de travail à intervalles réguliers fortement recommandé aussi bien pour prévenir, diagnostiquer et gérer les symptômes des troubles liés à la chaleur et les maladies chroniques que pour aider l'ensemble des</p>	Flouris <i>et al.</i> (2019)

Catégorie de mesure	Action considérée	Référence
	travailleurs à demeurer en bonne condition physique	
	Accès facilité aux soins de santé	Fleischer <i>et al.</i> (2013) ; Moyce <i>et al.</i> (2020)
	Surveillance des alertes météorologiques ; système de drapeaux en couleur pour signaler les conditions environnementales	Jackson et Rosenberg (2010) ; Culp <i>et al.</i> , (2011) ; Morris <i>et al.</i> (2018) ; Luque <i>et al.</i> , (2019)
	Hydratation renforcée :	Cecchini <i>et al.</i> (2010) ; Jackson et Rosenberg (2010) ; Culp <i>et al.</i> (2011) ; Kashiwagi <i>et al.</i> (2011) ; Fleischer <i>et al.</i> (2013) ; Morris <i>et al.</i> (2018) ; Flouris <i>et al.</i> (2019) ; Luque <i>et al.</i> (2019) ; Glaser <i>et al.</i> (2020) ; Moyce <i>et al.</i> (2020) ; UPA (2020)
	<ul style="list-style-type: none"> • Accès illimité à l'eau (points d'eau mobiles dans les champs, réservoirs d'eau dans les bus de transport et intégrés à la machinerie agricole ; glacières de 40 litres dans les abris avec bouteilles d'eau individuelles protégées dans des étuis et renfermant des solutions électrolytiques ; contenant d'eau personnel pour chaque travailleur, style thermos de 5 litres) • Promotion continue de l'hydratation avec recommandations quant à une consommation d'eau régulière et avant toute sensation de soif, surveillance constante par les employeurs/superviseurs • Protocole rigoureux d'hydratation comprenant la réhydratation pour l'ensemble des travailleurs avant le début du quart de travail (entre 500 et 750 ml d'eau) puis 250 ml toutes les 15-20 min selon les conditions de température et d'humidité pendant et après le travail, incluant les pauses ; consommation de solutions électrolytiques⁷ et/ou de boissons pour sportifs en évitant la surconsommation de sodas et la prise d'alcool immédiatement après le travail 	
Réorganisation du travail	Report tôt le matin ou tard en après-midi des tâches qui exigent un effort physique élevé	Jackson et Rosenberg (2010) ; Culp <i>et al.</i> (2011) ; Morris <i>et al.</i> (2018) ; Luque <i>et al.</i> (2019) ; Morabito <i>et al.</i> (2020) ; UPA (2020)
	Réduction de la charge du travail	Vega-Arroyo <i>et al.</i> (2019) ; Flouris <i>et al.</i> (2019) ; UPA (2020)
	Approches multiniveaux qui consistent en la baisse de la charge et du rythme de travail selon l'habillement et la présence ou non d'air conditionné dans les aires de repos. Différentes combinaisons de mesures sont suggérées afin de limiter de manière	Tigchelaar <i>et al.</i> (2020)

Catégorie de mesure	Action considérée	Référence
	<p>significative les risques de troubles liés à la chaleur :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Charge de travail réduite et habillement adapté</i> avec la réduction de 50 % de la charge de travail, un rythme modéré, le port d'habits légers monocouches et le repos à l'ombre ; • <i>Charge de travail réduite et repos dans un lieu frais</i> avec une diminution de 50 % de la charge de travail, un rythme modéré, des vêtements avec doubles couches et des aires de repos avec air conditionné ; • <i>Rythme de travail réduit et habillement adapté</i> avec la réduction de 90 % de la charge de travail, un rythme nettement moins soutenu, des habits légers en monocouche et le repos à l'ombre 	
	<p>Alternance de travail lourd et de travail léger ; rotation du travail (double équipe) ; travail de nuit si nécessaire</p>	<p>Jackson et Rosenberg (2010) ; Luque <i>et al.</i> (2019)</p>
	<p>Optimisation des alternances travail/repos selon le niveau de contrainte thermique en multipliant et allongeant les temps de repos au besoin selon divers protocoles, incluant :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Des pauses fréquentes dans des endroits ombragés : 5 min toutes les heures si la température est supérieure à 26,6 °C avec humidité relative (HR) de 50 % ; 5 min toutes les demi-heures si la température est située entre 26,6 et 29,4 °C ; 5 min toutes les 15 min si la température est supérieure à 29,4 °C. Lorsque celle-ci est supérieure à 32,2 °C et < 35 °C : arrêt de 10 min toutes les 10 min de travail (risques trop élevés) - Temps de pause doublé si HR > 50 %. Arrêt de travail obligatoire lorsque la température de l'air 	<p>Jackson et Rosenberg (2010) ; Culp <i>et al.</i> (2011) ; Fleischer <i>et al.</i> (2013) ; Bodin <i>et al.</i> (2016) ; Morris <i>et al.</i> (2018) ; Wegman <i>et al.</i> (2018) ; Butler-Dawson <i>et al.</i> (2019) ; Flouris <i>et al.</i> (2019) ; Luque <i>et al.</i> (2019) ; Glaser <i>et al.</i> (2020) ; UPA (2020)</p>

Catégorie de mesure	Action considérée	Référence
	<p>dépasse les 35 °C avec 50 % humidité relative (Culp <i>et al.</i>, 2011)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Une période de travail d'une durée de 1,5 à 2 h en début de journée, suivie de périodes d'une heure de travail par la suite espacées de 10-15 min de repos et 45 min de pause pour le dîner (Bodin <i>et al.</i>, 2016) • Une meilleure réorganisation de l'horaire de travail avec a) report des tâches exigeantes vers des périodes plus fraîches, soit 2 h plus tôt le matin ou plus tard dans la journée ou b) début très tôt du travail, longue pause en milieu de journée et reprise du travail tard dans la journée ; ajout recommandé de pauses planifiées (1,5 min toutes les 30 min de travail) dans des lieux ombragés, bien ventilés ou dotés d'air conditionné (Morris <i>et al.</i>, 2018) • Un temps de repos de 10 à 15 min toutes les heures ou une heure et demie de travail (Wegman <i>et al.</i>, 2018) • Trois pauses de 20 min et 60 min pour le dîner (Butler-Dawson <i>et al.</i>, 2019) • Dix minutes de repos toutes les heures de travail (Flouris <i>et al.</i>, 2019) • La programmation de 3 pauses au minimum dans une journée de 8 h (Luque <i>et al.</i>, 2019) • L'ajout de 20 min supplémentaires de repos à distribuer de manière égale le long du quart de travail, avec une pause tôt le matin (Glaser <i>et al.</i>, 2020) 	
	<p>Travail à l'ombre : activités de récolte et de conditionnement dans des abris aménagés ; machines agricoles adaptées avec auvent protecteur faisant office d'abri mobile</p>	<p>Jackson et Rosenberg (2010) ; Morabito <i>et al.</i> (2020)</p>
	<p>Aménagement d'abris pour les pauses : naturels (sous les arbres), structures fixes ou mobiles en quantité suffisante qui peuvent inclure des tentes de couleur claire à dresser près de la zone de travail (le</p>	<p>Jackson et Roserberg (2010) ; Culp <i>et al.</i> (2011) ; Morris <i>et al.</i> (2018) ; Luque <i>et al.</i> (2019) ; Glaser <i>et al.</i> (2020) ; UPA (2020)</p>

Catégorie de mesure	Action considérée	Référence
	côté face au soleil qui doit être fermé, 15 à 20 travailleurs maximum par tentes de 4x4 m), des parasols et des cabanes avec air conditionné	
	<p>Programme « eau, repos et ombre » ou WRS⁸ (<i>Water.Rest.Shade</i>) qui améliore l'accès à l'eau et les temps de repos à l'ombre et qui est recommandé par l'Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Les actions à mettre en œuvre pour chacun de ces trois concepts sont les suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Eau</i>, protocole d'hydratation à adapter en fonction du temps d'exposition à la chaleur (moins de 2 h, au moins 250 ml toutes 15-20 min ; plus de 2 h, remplacer l'eau plate par des boissons pour sportifs équilibrées et riches en sucre et électrolytes) ; systèmes personnels d'hydratation ; réservoirs d'eau de 40 litres, réfrigérés et placés dans chaque abri • <i>Repos</i>, ajustement des alternances travail/repos selon le niveau de contrainte thermique (voir protocoles proposés par Bodin <i>et al.</i>, 2016 et Butler-Dawson <i>et al.</i>, 2019 présentés plus haut relativement à la réorganisation du travail) • <i>Ombre</i>, associe des abris fixes naturels (sous un arbre) et mobiles à roue (p. ex., auvents, tentes de couleur claire en nombre suffisant pour 15 à 20 travailleurs au maximum pour chacune d'elles) 	Bodin <i>et al.</i> (2016) ; Wegman <i>et al.</i> (2018) ; Butler-Dawson <i>et al.</i> (2019)
Accès aisé aux toilettes	Remorques adaptées équipées de toilettes	Jackson et Rosenberg (2010)
	Toilettes ou latrines à proximité du lieu de travail	Culp <i>et al.</i> (2011)
	Fourniture du transport aux travailleurs lorsque les toilettes sont éloignées	Luque <i>et al.</i> (2019)
	Surveillance mutuelle et encouragement à l'autosurveillance de premiers signes/symptômes de troubles associés à la chaleur ; système d'alerte installé sur les téléphones cellulaires ; signalements immédiats aux chefs d'équipe/superviseurs/gestionnaires pour interventions rapides au besoin ; vigilance accrue auprès des travailleurs qui présentent des facteurs de risque (p. ex., maladies chroniques sous-jacentes, prise de médicaments ; antécédents de	Jackson et Rosenberg (2010) ; Culp <i>et al.</i> (2011) ; Morris <i>et al.</i> (2018) ; Luque <i>et al.</i> (2019) ; UPA (2020)

Catégorie de mesure	Action considérée	Référence
	maladies associées à la chaleur); autoévaluation du risque par le travailleur et concertation avec le superviseur pour la mise en œuvre de mesures additionnelles de protection et, le cas échéant, retrait des travailleurs qui présentent des signes/symptômes de troubles liés à la chaleur	
	Contrôle et surveillance de l'état de santé durant le travail et les pauses par les fermiers propriétaires, les gestionnaires, les chefs d'équipes, les superviseurs et/ou l'équipe médicale présents sur place ^{9,10} . Celle-ci a également pour tâche d'effectuer des évaluations médicales sur le terrain	Jackson et Rosenberg (2010); Culp <i>et al.</i> (2011); Morris <i>et al.</i> (2018); Flouris <i>et al.</i> (2019); Luque <i>et al.</i> (2019); Glaser <i>et al.</i> (2020)
Urgences médicales	Élaboration à l'avance d'une procédure d'urgence médicale, sous la responsabilité du fermier propriétaire ou du gestionnaire, et qui récapitule l'ensemble de premiers soins à prodiguer et des gestes à poser en attendant l'arrivée des secours (p. ex., transport du travailleur qui présente des signes/symptômes de coup de chaleur à l'ombre ou dans un lieu frais, retrait des vêtements, aspersion d'eau, recours aux techniques de refroidissement par immersion du corps dans l'eau glacée, hydratation, alerte des secours)	Morris <i>et al.</i> (2018); Luque <i>et al.</i> (2019); Glaser <i>et al.</i> (2020); UPA (2020)
	Présence d'une aide médicale d'urgence sur le lieu de travail durant les journées de chaleur extrême	Morris <i>et al.</i> (2018); Luque <i>et al.</i> (2019); Glaser <i>et al.</i> (2020)
	Guide illustré destiné aux travailleurs à faible niveau d'alphabétisation sur les risques associés à la contrainte thermique et qui rappelle, entre autres, l'importance de la formation sur le sujet et la reconnaissance de premiers signes/symptômes des troubles liés à la chaleur, de même que la nécessité du repos à l'ombre (p. ex., sous des tentes aménagées), d'une hydratation adéquate (250 ml d'eau toutes les 15 min sans attendre la soif), de la surveillance mutuelle,	OSHA (2011)

Catégorie de mesure	Action considérée		Référence
	d'un habillement adapté, d'une initiation aux premiers soins de secours, et de connaître sa position sur le lieu de travail en cas d'appel d'urgence au 911		
Protection personnelle	Habillement adapté	Équipement de protection individuelle mieux adapté pour l'application de pesticides, imperméable (100 % coton, fini résistant à l'eau), muni d'un masque protecteur, de gants en goretex (textile imperméable à l'eau, mais permettant à la vapeur d'eau de passer à travers le tissu), de bottes avec caoutchouc au niveau de la semelle intérieure et des genoux ainsi que du goretex autour des jambes	Hayashi et Tokura (2000)
		Vêtements monocouches, légers, amples, de couleurs claires, dotés de manches longues, en tissu respirant (en coton seul ou tissé avec des fibres de protéines de soja) ¹¹ et chapeau de protection en paille à large bord	Jackson et Rosenberg (2010) ; Culp <i>et al.</i> (2011) ; Morris <i>et al.</i> (2018), Luque <i>et al.</i> (2019) ; UPA (2020)
		•Chandail de travail à manches longues aux mailles tricotées (en jersey : 60 % de coton et 40 % de modal, ce dernier étant un textile semi-synthétique), léger, de couleur claire, tenue lâche avec ouvertures et une grande perméabilité à l'air •Pantalons amples avec cordon à la ceinture	Bahramian (2013)
		Chandail de travail aéré avec ventilateurs de petite taille incorporés au tissu	Morris <i>et al.</i> (2018)
		Combinaison de couleur blanche en coton seul ou mélangé avec du polyester ; ensemble de travail (chandail et pantalon) léger en tissu respirant	Flouris <i>et al.</i> (2019)
Système personnel d'hydratation	Sac à dos adapté avec tube flexible, embout buccal et valve de protection style Camelbak®,	Bodin <i>et al.</i> (2016) ; Wegman <i>et al.</i> (2018)	

Catégorie de mesure	Action considérée	Référence
	d'une capacité de 3 litres, rechargeable durant les pauses	
Équipements et techniques individuels de refroidissement	Refroidissement de la tête et du torse à l'aide de bandes de gel réfrigérant fixées sur la capuche de l'ÉPI et entre les sous-vêtements et la peau	Hayashi et Tokura (2000)
	Foulards réfrigérés à appliquer sur la nuque et qui contiennent des blocs de type <i>Ice packs</i> de 14 x 11 cm, chapeau à large bord pare-soleil (100 % nylon à propriété réfléchive) et veste de refroidissement munie de blocs réfrigérants de type <i>Gel Packs</i>	Choi, Kim et Lee (2008)
	Port de linge mouillé durant les journées de chaleur et d'humidité extrêmes, application de crème solaire	Culp <i>et al.</i> (2011)
	Immersion des mains/avant-bras dans de l'eau fraîche (15-20 °C) ; utilisation de serviettes glacées (humidifiées avec blocs de glace) durant les pauses	Morris <i>et al.</i> (2018)
	Port de linge mouillé et/ou refroidissement par aspersion d'eau sur le visage, le cou et les bras	Morris <i>et al.</i> (2018) ; Flouris <i>et al.</i> (2019)
	Chapeau mouillé et bandanas de refroidissement autour du cou durant le travail	Luque <i>et al.</i> (2019)

¹Utilisation de l'application OSHA-NIOSH (*Heat Safety Tool App*) sur téléphones intelligents des superviseurs, ce qui permet d'avoir accès aux données météorologiques, à l'indice de chaleur et le niveau de risque tout en rappelant les mesures préventives nécessaires (Luque *et al.*, 2019). Dillane et Balanay (2020) ont toutefois démontré que l'application OSHA-NIOSH n'est pas assez protectrice vis-à-vis des travailleurs agricoles pour les charges de travail élevées à très élevées et n'est pas recommandée dans le secteur de l'agriculture en raison d'imprécisions dans l'évaluation des situations de risque élevé à très élevé, quelle que soit la charge de travail.

²Selon les auteurs, il y aurait une forte corrélation entre les données météorologiques régionales et celles de nature micro-environnementale (conditions thermiques personnelles mesurées dans le microenvironnement individuel du travailleur) (Mac *et al.*, 2019).

³Les valeurs affichées par les moniteurs de fréquence cardiaque (FC) ne devaient pas excéder 90 % de la FC maximale du sujet (= 220 – âge) et la FC moyenne devait être inférieure à 120 battements par minute. La limite de la température buccale était fixée à 37,5 °C et la différence de masse corporelle ne devait pas être supérieure à 5 %, signe de déshydratation significative (Dessureault et Tellier, 2008).

⁴Il est recommandé d'augmenter la circulation d'air produite par le ventilateur pour les températures ≤ 34 °C ou entre 34 et 43 °C et 60 % d'humidité relative. Au-delà de 43 °C, l'usage de ventilateurs électriques n'apporte aucun bénéfice additionnel (Morris *et al.*, 2018).

⁵ Utilisation du système d'alerte européen *HeatShield* en accès libre (<https://heatshield.zonalab.it/>) qui fournit un scénario de prévision spécifique et personnalisé, accompagné de conseils pour une hydratation adéquate et la réduction de la contrainte thermique (Morris *et al.*, 2018)

⁶Jackson et Rosenberg (2010) recommandent que de la documentation sur les risques liés à la contrainte thermique (incluant, entre autres, les facteurs de risques environnementaux et personnels, l'importance de l'hydratation, la reconnaissance de premiers symptômes et les premiers soins d'urgence) soit accessible en tout temps aux superviseurs et aux travailleurs, y compris dans leur langue maternelle.

⁷Glaser *et al.* (2020) préconisent 300 ml de solution électrolytique (« *boli* ») à chaque pause pour chaque travailleur et dont la composition pour 100 ml est la suivante : 7 g de glucose + 50 mg de chlorure de sodium + 20 mg de monophosphate de potassium.

⁸Butler-Dawson *et al.* (2019) proposent une version améliorée du programme WRS en mettant l'accent sur l'éducation des travailleurs quant à l'importance de ce programme et en ajoutant une mesure incitative de bien-être en surveillant le niveau d'hydratation des travailleurs par la pesée avant et après le quart de travail et en calculant la densité urinaire.

⁹Selon Culp *et al.* (2011), le suivi de la santé des travailleurs aurait avantage à être effectué par les fermiers propriétaires en consultation avec professionnels en SST ou par des infirmières, de préférence bilingues (anglais-espagnol dans le contexte de l'étude).

¹⁰Glaser *et al.* (2020) recommandent la présence de cliniques mobiles pour une surveillance médicale étroite sur le terrain, dont la surveillance de la consommation d'eau et de solutions électrolytiques de même que du niveau d'hydratation (pesée des travailleurs, densité urinaire). Les auteurs conseillent également aux travailleurs de réduire leur consommation d'anti-inflammatoires non stéroïdiens (par exemple l'Advil®) susceptibles d'aggraver les troubles liés à la chaleur (Glaser *et al.*, 2020).

¹¹ Il appartient de même à l'employeur de faire des suggestions quant au choix du tissu pour les habits de travail à porter durant les fortes chaleurs (Luque *et al.*, 2019).

Tableau 24. Mesures d'adaptation recensées pour les ouvriers/ouvrières de pépinières et de serres [8432]

Catégorie de mesure	Action considérée	Référence
Surveillance de la contrainte thermique	Indices WBGT et PHS	Cecchini <i>et al.</i> (2010)
Mesures administratives	<ul style="list-style-type: none"> • Programme d'acclimatation suggéré : <ul style="list-style-type: none"> ○ Allongement progressif de la durée du travail ○ Pauses dans des zones fraîches, tout particulièrement les premiers jours de travail ○ Augmentation graduelle du rythme de travail ○ Entraînement physique durant les périodes fraîches (tôt le matin ou le soir) quelques jours avant le travail et pendant les premiers jours du travail • Hydratation renforcée : accès illimité à l'eau 	

Tableau 25. Mesures d'adaptation recensées pour les ouvriers/ouvrières de fonderies [9412] et les manœuvres dans le traitement des métaux et des minerais [9611]

Catégorie de mesure	Action considérée	Référence
Surveillance de la contrainte thermique	Indice d'astreinte thermique prévisible ou PHS pour le calcul de la durée limite de travail (DLE) ¹ . L'indice PHS serait ainsi plus adapté pour une protection optimale des travailleurs les plus à risque. Une surveillance concomitante de la fréquence cardiaque est néanmoins recommandée	Dessureault <i>et al.</i> (2014)
	Indice WBGT	Dang <i>et al.</i> (2011) Giahi, Darvishi, Aliabadi et Khoubi (2016)
Surveillance de l'astreinte thermique	<ul style="list-style-type: none"> • Mesure de la FC (par télémétrie) et de la température buccale (thermistance à usage unique en position sublinguale) pour calculer les extrapulsations cardiaques thermiques (EPCT)² durant la phase de récupération. Les EPCT doivent demeurer strictement inférieures à 20 battements par minute (bpm) pour que la différence de température buccale avant et après activité ne dépasse pas 1 % chez 95 % des travailleurs exposés (astreinte thermique acceptable)². Au-delà, l'arrêt du travail est imposé. • Évaluation des pertes hydriques par la pesée des travailleurs avant et après exposition à la chaleur, lorsque la durée de celle-ci excède 1 h 	Meyer <i>et al.</i> (2014)
Mesures d'ingénierie	<ul style="list-style-type: none"> • Réduction de la charge de travail par automatisation des procédés • Aménagement d'une zone fraîche facilement accessible le long des murs rideaux dans les salles d'électrolyse ce qui permet un meilleur refroidissement des employés par évaporation 	Dang <i>et al.</i> (2011)

	tout en limitant la chaleur radiante issue des cuves de fusion de l'aluminium et la chaleur de convection résultant de l'augmentation de la température de l'air	
	Réduction de la chaleur radiante par utilisation d'un système d'absorption de la chaleur sous forme de tour de refroidissement disposée autour du haut fourneau et par l'installation d'une barrière en aluminium à propriété réfléchive au niveau de la station principale de travail	Giahi <i>et al.</i> (2016)
Mesures administratives	<ul style="list-style-type: none"> • Programme d'éducation et de formation continues sur les risques liés à la contrainte thermique et qui met l'accent sur la reconnaissance de premiers signes/symptômes des maladies associées à la chaleur, les facteurs aggravants, l'importance de l'acclimatation et de l'hydratation, et le bon usage des équipements de protection individuelle • Renforcement et suivi du programme de contrainte thermique • Plan de remplacement des employés • Évaluation médicale, le cas échéant • Programme d'acclimatation pour tous les travailleurs et réacclimatation après absence de 3 jours et plus (devant être inclus dans le programme de contrainte thermique) • Protocole renforcé d'hydratation : consommation d'eau fraîche (température entre 10 et 15°C), en petites quantités (entre 150 et 200 ml) et à intervalles réguliers (toutes les 15 à 20 min) avec supplémentation en boissons pour sportifs (style Gatorade®) 	Dang <i>et al.</i> (2011)
	<p>Réorganisation du travail Optimisation du schéma organisationnel du travail : alternance du travail lourd en ambiance chaude pendant 30 min avec du travail léger en ambiance fraîche pendant 30 min. Ce cycle présente les avantages suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aucune charge physiologique supplémentaire lors du travail léger en ambiance fraîche • Aussi efficace que l'alternance du travail en ambiance chaude pendant 40 min avec une phase de repos dans un lieu frais pendant 20 min 	Bouchard, Gagnon, Talbot et Turcotte (1996)
	<ul style="list-style-type: none"> • Réduction de la charge physique du travail par l'augmentation de la taille des équipes • Application et renforcement du programme de contrainte thermique pour les périodes de chaleur extrême par les actions suivantes : <ul style="list-style-type: none"> • Alternance travail lourd, durant le premier quart, et travail léger, au deuxième quart • Maintien d'une équipe complète • Réacclimatation des travailleurs après absence de 3 jours et plus • Suppression des quarts de 8 h supplémentaires (volontaires ou obligatoires) en optant pour 2 x 4 h supplémentaires et des horaires de garde avec une équipe tournante (c'est-à-dire appeler le travailleur 	Dang <i>et al.</i> (2011)

	<p>pour 4 h supplémentaires ou démarrer très tôt un quart de travail de 4 h)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maintien d'un travail sécuritaire en suivant un rythme normal en évitant toute compression du temps de travail dans le but de bénéficier de périodes de récupération plus longues • Ne pas utiliser l'air extérieur pour rafraîchir les travailleurs lorsque la température externe dépasse les 35 °C • Accès aux zones de récupération durant les pauses 	
	<p>Organisation des alternances exposition à la chaleur/repos à l'aide des EPCT et de l'évaluation du déficit hydrique, le cas échéant : période initiale d'exposition à la chaleur de 10 min, pause, puis augmentation progressive par palier de 10 min jusqu'à ce que la durée limite de travail soit atteinte. Celle-ci est déterminée lorsque les EPCT durant la phase de récupération sont > 20 bpm ou quand la perte de masse corporelle dépasse 1,5-2 % pour les durées d'exposition supérieures à 1 heure</p>	Meyer <i>et al.</i> (2014)
Protection personnelle	<p>Tablier de protection plus léger pour les travailleurs des salles de cuves, à propriété réfléchissante, dont la surface recouverte d'aluminium doit être maintenue toujours propre. Les travailleurs ont l'obligation d'enlever leur tablier lors des pauses dans les zones de récupération</p>	Dang <i>et al.</i> (2011)
	<p>Habillement adapté : sous-vêtement à haut niveau d'isolation thermique et de perméabilité améliorée à l'air et à la vapeur d'eau. Porté sous la combinaison d'aluminium, il présente la composition et les caractéristiques suivants : 70 % polypropylène et 30 % polyamide, épaisseur 0,90 mm et poids de 101 g/m²</p>	Gilewicz <i>et al.</i> (2016)
	<p>Veste de refroidissement autonome à circulation d'eau avec batteries intégrées à porter lors des activités</p>	Shirish, Kapadia, Kumar, Mishra et Singh (2016)

¹Les travailleurs, affectés à la déconnexion des cuves électrolytiques dans une aluminerie du Québec, étaient exposés à des températures WBGT entre 22 et 35,1 °C. L'application du modèle PHS a permis de déterminer une DLE de 37 min tenant compte d'une température rectale limite de 38 °C (Dessureault *et al.*, 2014).

²Les EPCT (exprimées en battements par min) sont considérées comme un bon indicateur physiologique et correspondent à l'augmentation résiduelle de la fréquence cardiaque durant la récupération par rapport à son niveau au repos initial (avant exposition). Elles sont calculées comme suit :

$$EPCT = \text{moyFCR} - FC_0$$

FC₀, fréquence cardiaque au repos avant exposition, moyFCR = moyenne des fréquences cardiaques des 3^e, 4^e et 5^e minutes de récupération après exposition (soit $R3 + R4 + R5/3$) (Meyer *et al.*, 2014)

Tableau 26. Mesures d'adaptation recensées pour les travailleurs du secteur de la construction en général

Catégorie de mesure	Action considérée	Référence
Surveillance de la contrainte et/ou de l'astreinte thermique	Indice WBGT	Flouris <i>et al.</i> (2019) ; IHSA (2019) ; Echt <i>et al.</i> (21 mai 2020)
	Indice de chaleur ¹	McDonald <i>et al.</i> (2008) ; Echt <i>et al.</i> (21 mai 2020)
	Température de l'air corrigée ²	ASP Construction (2020)
	Indice humidex	IHSA (2019)
	Indice TWL	Montazer <i>et al.</i> (2013)
	Température, humidité relative de l'air, radiation solaire, mouvement de l'air. Utilisation d'une liste de contrôle destinée à évaluer la contrainte thermique (<i>Heat Stress Assessment Checklist</i>) avec réponses par l'affirmative ou la négative à des questions sur différents facteurs de risque (p. ex., température excédant les 32 °C et 85 % d'humidité relative ? Travail directement sous les rayons solaires ? Charge élevée de travail ? etc.). Cette liste de contrôle fournit des exemples de mesures d'adaptation pour chaque facteur de risque évalué	Construction Industry Council Hong Kong (2019)
	Système d'alerte d'astreinte thermique élevée qui vise la prévention des coups de chaleur (CWHP : <i>Construction Workers' Heatstroke Prevention System</i>). Modèle informatisé qui intègre les conditions physiologiques du travailleur et dont le but est d'anticiper les changements de sa température corporelle selon les tâches exercées. Il est composé :	Yabuki, Onoue, Fukuda et Yoshida (2013)
<p>a) d'un système de prédiction de l'environnement thermique ou TEP (<i>Thermal Environment Prediction</i>) au niveau et aux alentours d'une zone de travail, avant le début des activités, et ce à partir des données météorologiques locales (méthode de simulation numérique de dynamique des fluides, d'isolation et d'ensoleillement) puis de modifier de manière flexible ces projections grâce à la collecte en continu de ces données ;</p> <p>b) d'un système de prédiction de la température interne ou CBTP (<i>Core Body Temperature Prediction</i>) initialisé à l'aide de paramètres personnels (poids, taille), physiologiques (température cutanée moyenne) et de travail (horaire de travail, localisation des activités pour chaque période de travail) et capable d'estimer</p>		

Catégorie de mesure	Action considérée	Référence
	<p>mathématiquement la température interne de chaque travailleur selon les données de l'environnement thermique prédites par le système TEP</p> <p>Le système CWHP permet d'envoyer des alertes de risque de coups de chaleur sur les cellulaires des superviseurs qui bénéficieront alors du temps nécessaire pour ajuster le régime de travail ou mettre en place des mesures préventives à l'avance (p. ex., installation de tentes pour les pauses, avant le début du travail, et équipées de ventilateurs électriques individuels et de réservoirs d'eau fraîche)</p>	
	<p>Développement de deux outils de gestion de la contrainte thermique qui visent l'amélioration des alternances travail/repos pour l'un et celle du rythme de travail pour l'autre. Ces outils se fondent sur des valeurs seuils WBGT définies en appliquant le modèle mathématique PHS (<i>Predicted Heat Stress</i>, ISO 7933) à son plein potentiel, ce qui implique une mesure initiale de la température tympanique avant exposition à la chaleur. Ces deux outils correspondent chacun à un système de déclenchement d'actions selon des seuils WBGT et des durées optimales de récupération, estimés sur la base de valeurs limites des temps de travail et des taux métaboliques, respectivement. Ces deux dernières variables sont déterminées grâce à la puissance du modèle PHS</p> <p>En prenant le cas de 240 min en continu de tâches particulièrement lourdes avec le maintien à 85 % de la cadence des activités, des régimes travail/repos ont pu être dérivés en se basant sur les limites WBGT calculées. Lorsque l'indice WBGT mesuré excède, par exemple, le seuil de 28,5 °C, cinq minutes d'arrêt sont préconisées après 120 min de travail continu. Le dépassement de la valeur limite de 29,7 °C implique, quant à lui, 60 min de travail ininterrompu suivies d'une pause de 15 min. Quand la période de récupération calculée compte 50 % du temps total des activités, le régime travail/repos ne peut être appliqué et les travailleurs sont, dans ces conditions, autorisés à ajuster leur propre cadence (autogestion du rythme de travail)</p>	Rowlinson et Jia (2014)
	<p>Système d'alerte d'astreinte thermique élevée qui s'appuie sur la surveillance à distance et en temps réel de la température cutanée ou de la température entre les vêtements (température en « microclimat »). La gestion des alertes, qui combine la détection de données vitales et la technologie de communication sans fil, est basée sur le concept « Internet des objets » ou IoT. Ce système se compose de trois éléments :</p> <p>1) une veste de sécurité intelligente (<i>Smart Safety Vest</i>) munie de capteurs incorporés dans le tissu et connectés à l'infonuage ou « <i>Cloud</i> » (serveurs accessibles sur internet). Les</p>	Edirisinghe et Jadhav (2017).

Catégorie de mesure	Action considérée	Référence
	<p>valeurs de températures cutanées du travailleur ou du microclimat (entre ses vêtements) sont transmises en temps réel à l'infonuage ;</p> <p>2) un téléphone intelligent qui reçoit les paramètres associés au travailleur par le biais de l'infonuage et permet de les visualiser ;</p> <p>3) un système de gestion en ligne qui récolte également les données grâce à l'infonuage et permet une surveillance à distance de l'ensemble du personnel du chantier de construction</p> <p>Ce système est doté d'un mécanisme de génération d'alerte selon les politiques de gestion de la contrainte thermique en vigueur</p>	
	<p>Système d'alerte d'astreinte thermique élevée qui se base sur la mesure en continu de la fréquence cardiaque (FC) à l'aide d'un capteur intégré dans le casque de protection. La technologie sans fil permet la transmission des données de FC vers les téléphones intelligents des travailleurs et des superviseurs. Le système d'alerte est déclenché en cas de dépassement de 120 battements par minutes pour la FC avec possibilité de géolocaliser les employés. Ce casque incorpore également un système de refroidissement (voir plus bas dans les mesures de protection personnelle)</p>	Zahid, Al-Dirini, Al Jubury et Bahri (2018)
	<p>Mesure en continu de la FC et/ou de la température corporelle</p>	Echt <i>et al.</i> (21 mai 2020) Vukadinovic et Radosavljevic (2020)
Surveillance du niveau d'hydratation	<p>Autoévaluation par inspection de la couleur des urines</p>	McDonald <i>et al.</i> (2008) ; Flouris <i>et al.</i> (2019)
	<p>Calcul de la densité urinaire³</p>	Montazer <i>et al.</i> (2013)
	<p>Système de mesure à distance et en temps réel du niveau d'hydratation. Il est constitué d'un capteur de température et d'humidité intégré au casque de protection et permet de calculer la quantité d'eau évaporée. Les données sans fil sont transmises et analysées sur un ordinateur portable. Cette méthode ne nécessite qu'une seule pesée initiale du travailleur avant le début du quart de travail. La quantité d'eau évaporée est considérée comme</p>	Kosuda <i>et al.</i> (2019)

Catégorie de mesure	Action considérée	Référence
	équivalente à la perte de poids associée au déficit hydrique ⁴	
Mesures d'ingénierie	Écrans isolants à propriétés réfléchives pour contrôler la chaleur radiante générée par certains équipements de travail	Construction Industry Council Hong Kong (2019); IHSA (2019)
	Ventilateurs électriques individuels, ventilateurs brumisateurs et/ou air conditionné dans les aires de repos, système central d'évacuation de la chaleur dans les abris et les zones de travail fermées, auvents mobiles	McDonald <i>et al.</i> (2008); Construction Industry Council Hong Kong (2019); IHSA, (2019); ASP Construction, (2020); Echt <i>et al.</i> (21 mai 2020)
	Mécanisation de certaines tâches de travail	Construction Industry Council Hong Kong (2019); IHSA (2019); ASP Construction (2020); Echt <i>et al.</i> (21 mai 2020)
Mesures administratives	Élaboration à l'avance, pour chaque site de travail, d'un plan de prévention chaleur ⁵ , sous la supervision d'une personne désignée ou d'un comité bien coordonné, et qui expose toutes les mesures à mettre en place pour protéger les travailleurs. Ce plan devra inclure, entre autres, les procédures de réorganisation du travail selon les conditions de travail (p. ex., charge de travail, nature des équipements, type d'habillement), les modalités de surveillance de la contrainte thermique, l'approvisionnement en fluides et équipements divers ainsi que l'emplacement des abris au niveau de chaque zone de travail	McDonald <i>et al.</i> (2008); Montazer <i>et al.</i> (2013); Construction Industry Council Hong Kong (2019); Flouris <i>et al.</i> (2019); IHSA (2019); Echt <i>et al.</i> (21 mai 2020);
	Évaluation et surveillance médicales qui devrait inclure le dépistage de l'intolérance à la chaleur en identifiant les maladies antérieures associées à la chaleur et les facteurs personnels qui peuvent affecter la thermorégulation (p. ex., condition physique, maladies chroniques cardiaques et respiratoires) et des examens médicaux de contrôle à intervalles réguliers pour prévenir, diagnostiquer et gérer les symptômes de troubles liés à la contrainte thermique et les maladies chroniques. Ces évaluations ont également pour objectif d'aider les travailleurs à demeurer en bonne condition physique	ASP Construction (2020); Vukadinovic et Radosavljevic (2020)

Catégorie de mesure	Action considérée	Référence
	<p>Sensibilisation des travailleurs sur la nécessité de consulter régulièrement leurs médecins lorsqu'ils sont sous médication et/ou s'ils présentent des maladies chroniques</p> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> • Formation sur les risques sanitaires associés à la chaleur et les premiers soins d'urgence, programmée avant le début des activités en période chaude et mettant l'accent sur l'importance de l'acclimatation et d'une hydratation adéquate, la reconnaissance de signes/symptômes de troubles liés à la chaleur, la surveillance mutuelle et l'autosurveillance, les mesures préventives existantes sur le lieu de travail, les facteurs aggravants (p. ex., alcool, caféine et certains médicaments de prescription) et le bénéfice d'un bon conditionnement physique. La formation devra également inclure des simulations de mesures de données environnementales pour les employeurs ou superviseurs. • Supervision par l'employeur des formations fournies aux travailleurs nouvellement embauchés et ceux qui ont été absents depuis longtemps ou présentant des conditions médicales particulières <hr/> <p>Rappels réguliers des informations sur les risques sanitaires liés à la chaleur durant le travail⁶</p>	
	<p>Programme d'acclimatation approprié pour tous les nouveaux travailleurs et après absence de quelques jours. Prise en compte d'une perte des bénéfices de l'acclimatation à tout changement de quart de travail. IHSA (2019) et Echt <i>et al.</i> (21 mai 2020) préconisent les recommandations du NIOSH⁷ :</p> <ul style="list-style-type: none"> -<i>Nouveau travailleur</i> (travail léger, pauses plus longues) : 20 % du temps de travail à la chaleur le 1^{er} jour puis augmentation de 20 % les jours suivants (avec surveillance maintenue durant les 14 premiers jours) ; -<i>Travailleur expérimenté</i> : 50 % du temps de travail à la chaleur le 1^{er} jour, 60 % le 2^e jour, 80 % le 3^e jour et 100 % le 4^e jour 	
	<p>Hydratation renforcée : prévision à l'avance des besoins en eau ; désignation d'une personne pour recevoir et surveiller l'approvisionnement en bouteilles d'eau isothermes individuelles ; fourniture en quantité illimitée d'eau fraîche (entre 15 à 20 °C en évitant l'eau glacée) ; suivi continu de la consommation d'eau par les employeurs et superviseurs ; aménagement judicieux de postes d'hydratation (p. ex., postes fixes d'hydratation disponibles dans un rayon de 50 m ou disposition de réservoirs d'eau à chacun des étages/zones de travail).</p> <p>Directives strictes pour la consommation d'eau : réhydratation recommandée avant le début du quart de travail et maintien de la consommation d'eau durant toutes les activités à raison</p>	

Catégorie de mesure	Action considérée	Référence
	<p>de 250 ml toutes les 15-20 min ; ingestion modérée de boissons pour sportifs⁸ ; promotion régulière par les employeurs et superviseurs sur l'importance de l'hydratation lors de causeries sur la SST, distribution de bouteilles d'eau isothermes ; breuvage contenant de la caféine, alcool, boissons énergisantes et gazeuses à éviter</p>	
	<p>Repas adaptés : pas trop chauds, légers et pauvres en gras (p. ex., poissons, fruits de mer), avec supplémentation en fruits et légumes riches en eau</p>	
	<p>Réorganisation du travail :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Travail en équipe (pour encourager la surveillance mutuelle) • Réduction de la charge du travail (augmentation de la taille des équipes, rotation des tâches, réduction de la durée du quart de travail si nécessaire) • Encouragement à l'autogestion du rythme de travail • Ajustement du régime travail/repos selon le niveau de contrainte thermique, la charge de travail (p. ex., tâches plus exigeantes, port d'équipement de protection personnelle, absence de mouvements d'air), le lieu de récupération (à l'ombre ou zone climatisée) et les facteurs de risque personnels de même qu'en cas de signalement d'inconfort de la part des travailleurs • Restriction des heures supplémentaires et suppression de toute tâche dotée d'un incitatif financier • Report des tâches exigeantes vers des plages horaires plus fraîches (tôt le matin ou tard le soir) ; reprogrammation, autant que possible, des opérations de maintenance et de réparation devant être exécutées dans des zones chaudes à des périodes plus froides de l'année • Phases de repos plus longues et/ou plus fréquentes dans un endroit frais⁹ avec au minimum une pause de 15 min durant la matinée et une de 30 min en après-midi 	
	<p>Aménagement de zones de travail dans un lieu frais (à l'ombre ou espace climatisé), tout particulièrement pour les travailleurs qui portent des équipements de protection individuelle et ceux affectés au montage de structures en préfabriqué</p>	
	<p>Aménagement d'abris pour les temps de pause, de préférence dans un lieu frais avec température aux alentours de 25 °C (à l'ombre, locaux équipés de ventilateurs électriques ou d'air conditionné), de type fixes ou mobiles (structures démontables, parasols, parapluies), avec places assises et eau fraîche à volonté conservée dans des glacières</p>	
	<p>Surveillance mutuelle et encouragement à l'autosurveillance de premiers signes/symptômes de troubles associés à la chaleur ; système d'alerte sur les téléphones cellulaires, signalement aux superviseurs pour interventions rapides au besoin ; vigilance accrue auprès</p>	

Catégorie de mesure	Action considérée	Référence	
	des travailleurs qui présentent des facteurs de risque (p. ex., problèmes de santé sous-jacents, prise de médicaments ou manque de sommeil) ; retrait de tout travailleur qui montre des signes de troubles liés à la chaleur ¹⁰		
	Protocole d'urgence médicale : travailleurs et superviseurs formés au secourisme, appels au 911 en cas de nécessité, entente préétablie avec des services d'urgence hospitalière, importance pour les employés de connaître leur zone de travail		
Mesure administrative particulière	Guide illustré destiné aux travailleurs à faible niveau d'alphabétisation sur les risques associés à la contrainte thermique et qui rappelle, entre autres, l'importance de la formation sur le sujet et la reconnaissance de premiers signes/symptômes des troubles liés à la chaleur, de même que la nécessité du repos à l'ombre (p. ex., sous des tentes aménagées), d'une hydratation adéquate (250 ml d'eau toutes les 15 min sans attendre la soif), de la surveillance mutuelle, d'un habillement adapté, d'une initiation aux premiers soins de secours, et de connaître sa position sur le lieu de travail en cas d'appel d'urgence au 911	OSHA (2011)	
Protection personnelle	Habillement adapté	<ul style="list-style-type: none"> • Combinaison de couleur blanche en coton, seul ou mélangé au polyester • Ensemble léger de travail ample à manches longues (ou à défaut avec des manchons de même tissu qui présentent une très haute protection solaire de type UV 50+), de couleur claire et en textile fin et respirant, c'est-à-dire permettant l'évaporation de la transpiration (haute conductivité thermique et à propriété réfléchissante) • Équipements de protection individuelle (ÉPI) légers et perméables • Casque de sécurité avec ventilation naturelle 	Flouris <i>et al.</i> (2019)
		Vêtements légers, de couleur claire, en tissu respirants (incluant les ÉPI)	Construction Industry Council Hong Kong (2019)
		Vêtements légers et confortables amples, de couleur claire, en tissu naturel ou synthétique respirant ¹¹	IHSA (2019) ; ASP Construction (2020)
			Echt <i>et al.</i> (21 mai 2020)
	Équipements individuels de refroidissement	Bandanas réfrigérés autour du cou (mouillés et contenant de petits blocs de glace)	McDonald <i>et al.</i> (2008)
		Système de refroidissement portable près du corps constitué d'un harnais muni de deux ventilateurs dorsaux à piles rechargeables	Miura, Takagi et Ikematsu (2017)
	Vestes de refroidissement à porter durant les activités et/ou au repos avec blocs réfrigérants, à circulation de liquide ou de type hybride (blocs	Chan <i>et al.</i> (2017) ; Miura <i>et al.</i> (2017) ; Ashtekar,	

Catégorie de mesure	Action considérée	Référence
	réfrigérants et ventilateurs latéraux à piles rechargeables au lithium avec flux d'air optimisé)	Mishra, Kapadia, Nag et Singh (2019) ; IHSA (2019)
	Veste de refroidissement à base de matériau à changement de phase (sels inorganiques) à porter pendant une période de travail divisée en deux temps (<i>Two-bout Strategy</i>) afin de minimiser l'effet du poids de la veste. Par exemple, au lieu d'un travail qui dure 50 min ininterrompues préconiser plutôt deux activités de 25 min, avec port de veste de refroidissement, séparées d'une pause de 10 min (combinaison de mesures administratives et de protection personnelle)	Itani, Ghaddar, Ouahrani, Ghali et Khater (2018)
	Casque de travail avec système de refroidissement thermoélectrique intégré (modules Peltier)	Zahid <i>et al.</i> (2018)
Protection solaire	Fourniture de parapluies aux travailleurs	McDonald <i>et al.</i> (2008)
	Casque de travail équipé d'une visière qui préserve le visage, la nuque et le dos ; manchons de très haute protection solaire (UV 50+) en tissu fin et respirant (lorsque le travailleur ne porte pas de chandail à manches longues)	Construction Industry Council Hong Kong (2019)
	Lunettes de sécurité à protection UV, crème solaire	ASP Construction
Techniques individuelles de refroidissement	Aspersion d'eau (visage, du cou et des bras)	Flouris <i>et al.</i> (2019)
	Immersion des mains/avant-bras dans de l'eau fraîche (10-20 °C) dans un grand seau, glacière ou bac en plastique (eau à remplacer lorsqu'elle atteint 27 °C)	Echt <i>et al.</i> (21 mai 2020)

Note : Les mesures d'adaptation présentées dans ce tableau proviennent de publications qui ne font pas mention d'un type d'emploi particulier au secteur de la construction. Deux documents cités, celui de OSHA (2011) et de Flouris *et al.* (2019), traitent également de mesures d'adaptation visant les travailleurs agricoles. Ils se retrouvent, de ce fait, dans le tableau 23 qui détaille les mesures recensées pour les ouvriers/ouvrières agricoles [8431] et les manœuvres à la récolte [8611].

¹ Utilisation de l'application « alerte chaleur » OSHA-NIOSH (*Heat Safety Tool App*) ou du graphique de la *National Oceanic and Atmospheric Administration* [NOAA] (Echt *et al.*, 21 mai 2020).

²Le document de l'ASP Construction (2020) renvoie à la page Web de la CNESST : « *Évaluer le niveau de risque par temps chaud* », tiré de <https://www.cnesst.gouv.qc.ca/fr/prevention-securite/identifier-corriger-risques/liste-informations-prevention/evaluer-niveau-risque-par-temps-chaud>, laquelle fournit des indications sur les modalités de calcul de la température de l'air corrigée (TAC) tout en référant aux outils virtuels de l'IRSST pour l'appréciation des temps de pause. Selon Dessureault et Gressard (2006) la méthode de la TAC ne devrait toutefois pas être utilisée pour évaluer le risque associé à certaines tâches en

construction, par exemple l'asphaltage et le recouvrement de toiture plate, car celles-ci génèrent des températures excessives qui dépassent le domaine d'application du guide de prévention des coups de chaleur de la CNESST.

³Montazer *et al.* (2013) ont trouvé une forte corrélation entre la densité urinaire, évaluant le niveau d'hydratation des travailleurs, et l'indice TWL.

⁴Pour éviter la déshydratation des travailleurs, une pause est requise dès que la perte d'eau excède 1,5 % du poids initial (Kosuda *et al.*, 2019)

⁵Echt *et al.* (21 mai 2020) recommandent la mise en place d'un programme d'alerte de chaleur (pour les petites entreprises : élaboration d'un plan d'action par l'employeur ; pour les grandes compagnies : création d'un comité annuel « alerte chaleur » à la mi-avril réunissant des représentants des gestionnaires et des travailleurs ainsi que des prestataires de soins ou des professionnels en SST) avec formation obligatoire de tous les membres du comité aux différentes étapes à entreprendre une fois l'alerte émise et des instructions écrites aux gestionnaires et superviseurs quant à un approvisionnement adéquat en eau et boissons fraîches, et en équipements de premiers secours (p. ex., blocs réfrigérants, draps glacés, bassin ou piscine gonflable qui peuvent être rapidement remplis d'eau fraîche pour traiter en urgence les coups de chaleur). Ce programme doit également inclure des procédures à mettre au plus vite en place pour la réorganisation du travail, les modalités de surveillance de la contrainte thermique au niveau de chaque site et celle de la température interne des travailleurs (Echt *et al.*, 21 mai 2020).

⁶McDonald *et al.* (2008) préconisent la diffusion en continu de l'information sur les risques liés à la chaleur et qui tient compte de l'environnement multiculturel : distribution de brochures en plusieurs langues, utilisation de l'intranet, présence de drapeaux de couleurs différentes selon le niveau de risque (rouge pour des conditions de chaleurs extrêmes qui impliquent une communication plus étendue sur les risques liés à la chaleur).

⁷Le document de l'ASP Construction (2020) ne spécifie aucun programme d'acclimatation, mais rappelle, que selon la CNESST, « *un travailleur est considéré comme "acclimaté" si le travail a été effectué : pendant au moins 2 h continues ; pendant 5 des 7 derniers jours ; dans les mêmes conditions (charge de travail, habillement et conditions climatiques)* ».

⁸Les recommandations du NIOSH sont les suivantes, selon la durée de l'exposition à la chaleur : a) moins de 2 h et travail d'intensité modérée, au moins 250 ml d'eau à 15 °C toutes les 15 à 20 min, b) plus de 2 h, remplacer l'eau par des boissons pour sportifs avec une concentration en électrolytes/glucides n'excédant pas 8 % pour suppléer à la perte d'électrolytes causée par la transpiration et éviter la diminution du niveau sanguin de sodium (hyponatrémie) due à la consommation excessive d'eau plate. La présence de glucides améliore l'absorption intestinale des électrolytes, mais au-delà de 8 % le taux d'absorption est ralenti. Ce type de boissons n'est préconisé que dans ces conditions, car autrement il n'y a aucun bénéfice additionnel (Jacklitsch *et al.*, 2016). Par ailleurs, le fructose est à déconseiller en raison de risques de troubles gastro-intestinaux (NEHC, 2007).

⁹Vukadinovic et Radosavljevic (2020) recommandent d'ajuster les pauses selon la fréquence cardiaque (FC) : repos après chaque heure de travail ininterrompu si la FC est ≥ 127 battements par minute (bpm), mais < 145 bpm ; pause après 15 min d'activité continue si la FC ≥ 145 bpm et toutes les 4 à 6 min lorsque la FC ≥ 150 -180 bpm.

¹⁰Echt *et al.* (21 mai 2020) suggèrent que le retour au travail, après un incident lié à la chaleur, ne soit permis qu'après autorisation écrite du médecin avec obligation d'un suivi médical.

¹¹Selon le NIOSH, il n'a pas été prouvé que les tissus en microfibres procurent une protection contre la chaleur (Echt *et al.*, 21 mai 2020).

4.2 Faits saillants du premier atelier d'échange

Lors du premier atelier d'échange virtuel, les représentants des différentes parties prenantes ont montré un intérêt indéniable pour l'ensemble des mesures d'adaptation recensées à l'aide de la revue de la littérature et destinées à protéger la santé des travailleurs qui œuvrent dans 24 des 50 professions les plus à risque pour la hausse des épisodes de fortes chaleurs liée aux CC. Ils ont également relevé la pertinence des publications qui suggèrent la combinaison des quatre catégories de mesures, par exemple pour la profession de pompiers/pompières (Espinoza, 2008) et celle d'ouvriers agricoles et de manœuvres à la récolte (Morris *et al.*, 2018), de même que pour les travailleurs du secteur de la construction en général (Echt *et al.*, 21 mai 2020).

Les représentants des différentes parties prenantes ont, en outre, souligné l'importance des mesures d'adaptation de nature administrative, telles que la formation/sensibilisation des travailleurs aux risques associés à la chaleur et les protocoles renforcés d'hydratation, tout en reconnaissant la valeur ajoutée de certaines mesures de protection personnelle pour la santé des travailleurs, comme les équipements individuels de refroidissement (p. ex., les vestes de refroidissement). La surveillance de l'astreinte thermique qui est recommandée par de nombreuses publications, tout particulièrement pour les pompiers/pompières, a suscité un vif intérêt auprès des participants représentant cette profession qui souhaiteraient en faire une plus grande promotion. Cette surveillance inclut, par exemple, des mesures de la fréquence cardiaque et de la température corporelle durant les activités et la phase de réhabilitation, préconisées notamment par Espinoza (2008) aux États-Unis et Brearley *et al.* (2011) en Australie, ou encore l'évaluation de l'indice de stress prédit ou PSI (*Physiological Strain Index*), suggérée par Gunga *et al.* (2008) en Allemagne et Lee *et al.* (2015) en Corée du Sud. Ces représentants ont également appuyé la justesse du test inédit de tolérance à la chaleur pour cette même profession, mesure préconisée par Watkins *et al.* (2018a), auteurs britanniques, et qui permet d'évaluer de manière plus judicieuse la réponse physiologique individuelle à haute température avec port de vêtements de protection. Les tests de tolérance à la chaleur, quoique jugés pertinents pour la profession de pompiers/pompières, ne sont toutefois pas réalisés au Québec.

Les représentants de parties prenantes ont été quasi unanimes à déclarer que trois mesures administratives devaient être considérées comme des solutions gagnantes, car présenteraient moins de contraintes financières et seraient plus aisées à mettre en pratique. Ils ont toutefois souligné la nécessité de poursuivre leur promotion soutenue auprès des employeurs et des travailleurs. Il s'agit : a) des programmes de formation et de sensibilisation continues sur les troubles liés à la chaleur afin de lutter contre la banalisation des contraintes thermiques en milieu de travail, b) d'une meilleure réorganisation du travail, dont la gestion optimale des pauses, et c) du renforcement du protocole d'hydratation pour combler les pertes d'eau. De telles stratégies ont d'ailleurs été préconisées par un grand nombre des publications retenues qui ont abordé cette

catégorie de mesure. Certains des représentants de parties prenantes ont néanmoins souligné que la qualité de la formation fournie à l'heure actuelle au Québec gagnerait à être améliorée afin de combler les quelques lacunes qui la caractérisent. Il a de même été rapporté que certaines mesures, *a priori* simples à mettre en œuvre, comme l'accès en tout temps à de l'eau potable et aux toilettes, notamment pour les travailleurs du secteur de la construction, ont nécessité beaucoup de temps pour être appliquées sur certains chantiers.

Ce premier atelier a également fourni l'occasion d'échanger sur les difficultés d'implémentation de certaines mesures d'adaptation de nature administrative. La surveillance médicale des travailleurs tout particulièrement en matière d'évaluation préliminaire, en l'occurrence le dépistage de l'intolérance à la chaleur, ou de suivi périodique régulier, demeure complexe à mettre en place en raison du caractère confidentiel des données médicales des travailleurs ce qui en empêcherait la divulgation aux employeurs. Le dépistage de l'intolérance à la chaleur est actuellement effectué ou recommandé pour les travailleurs du secteur de la construction aux États-Unis (Echt *et al.*, 21 mai 2020), au Qatar (Flouris *et al.*, 2019) et à Hong Kong (Construction Industry Council Hong Kong, 2019). Cette mesure a également été recensée pour la profession de manœuvres en aménagement paysager et en entretien des terrains, de même que pour celle de manœuvres à l'entretien des travaux publics, comme rapportée par McCarthy *et al.* (2019).

La mise en place de programmes d'acclimatation rigoureux s'avèrerait tout aussi problématique, principalement dans le secteur de l'agriculture et de la construction, car ils se heurteraient à des réalités terrain difficilement contournables. En milieu agricole, par exemple, il n'y a pas de protocole d'acclimatation préétabli et même s'il en existait, les conditions particulières de travail le rendraient caduc. L'obligation de respecter des calendriers et des horaires stricts associée à une cadence de travail soutenue pour certaines activités de récolte constituerait, en effet, une sérieuse entrave à la mise en application de toute procédure d'acclimatation.

Il en est de même pour certains ouvrages qui doivent être accomplis avant les activités de récolte, comme l'irrigation des champs. Elles coïncideraient le plus souvent avec l'arrivée des travailleurs étrangers qui doivent s'atteler immédiatement à leurs tâches sans pouvoir bénéficier du répit nécessaire à la mise en pratique d'un quelconque programme d'acclimatation. En d'autres termes, les emplois agricoles imposent une immersion rapide, ce qui laisse peu de temps pour une acclimatation. Des représentants de parties prenantes ont néanmoins tenu à souligner qu'au-delà des obstacles potentiels de mise en place, les protocoles d'acclimatation demeurent essentiels, et ce pour l'ensemble des travailleurs agricoles, y compris les travailleurs étrangers. En effet, ces derniers, bien qu'originaires de pays chauds, arrivent généralement au mois d'avril et pourraient, fort probablement, perdre leur acclimatation à l'approche des périodes de fortes chaleurs.

Concernant les travailleurs du secteur de la construction, les difficultés majeures quant au respect de la phase d'acclimatation seraient associées à deux facteurs : a) les durées parfois brèves des épisodes de fortes chaleurs qui ne permettent pas de mener le processus à terme, et b) la nécessité de se conformer à des échéanciers de travail dans certains cas très serrés qui imposent aux travailleurs d'accomplir les tâches selon un horaire précis, laissant par conséquent peu de marge de manœuvre pour l'application d'un programme d'acclimatation.

Les représentants de parties prenantes ont également exprimé un certain enthousiasme vis-à-vis des mesures de protection personnelle pour faire face aux fortes chaleurs, comme les vestes de refroidissement ou encore des équipements de protection individuelle adaptés, par exemple celui proposé par Turpin-Legendre et Meyer (2012) en France pour les travailleurs du secteur de la construction impliqués dans les opérations d'enlèvement d'amiante. La plupart de ces représentants ont néanmoins soulevé les difficultés d'applicabilité pour des raisons de coût, tout particulièrement lorsque le nombre de travailleurs est élevé. Les systèmes personnels d'hydratation, dans le style de sacs à dos munis de réservoir d'eau avec dispositif de valve et d'embout comme recommandés aux États-Unis pour les monteurs de lignes électriques par McLachlan et Aenchbacher (2002) ou au Salvador pour les travailleurs agricoles (Wegman *et al.*, 2018), ont aussi suscité un vif intérêt. Un problème d'encombrement et une possible incompatibilité entre ces systèmes et les équipements déjà portés par le travailleur, comme par exemple les harnais de protection, ont néanmoins été soulevés.

La complexité à mettre en place d'autres mesures de protection personnelle a également été discutée, en particulier les uniformes de pompier conçus avec des tissus innovants. Ces derniers ont été proposés par certains auteurs comme Carballo-Leyenda *et al.* (2017) en Espagne, McQuerry *et al.* (2018) aux États-Unis, et Marchand *et al.* (2015) au Québec. L'achat de tels modèles inédits pourrait en effet générer des dépenses onéreuses. Même avec de meilleurs matériaux disponibles sur le marché, les considérations économiques pèseront fortement dans la balance lors de l'approvisionnement en équipements de protection et seuls les plus bas soumissionnaires pourront l'emporter. Un autre des grands obstacles à l'adoption de nouveaux uniformes de travail pour la profession de pompiers/pomprières réside dans le fait qu'ils doivent impérativement être conformes à la norme NFPA (*National Fire Protection Association*), ce qui impliquerait un processus nécessairement long et contraignant.

De façon générale, selon les représentants de parties prenantes, l'applicabilité des mesures d'adaptation recensées demeure épineuse en milieu de travail québécois pour plusieurs raisons. Celles-ci incluent principalement :

- la limitation organisationnelle ;
- des coûts prohibitifs ;
- une problématique de cohabitation entre de telles mesures et les conditions de travail, dont l'habillement et les pratiques de travail particuliers ;

- des enjeux de communication avec les travailleurs, en particulier la main-d'œuvre étrangère en milieu agricole ;
- une culture de travail qui tend à être quelque peu réfractaire au changement et à l'innovation.

En raison d'une contrainte de temps, les discussions menées lors de cet atelier n'ont toutefois pas permis d'apporter des éléments nouveaux pour compléter les mesures d'adaptation qui ont été recensées ni d'identifier et de proposer d'autres mesures pour les 26 professions qui n'en ont pas bénéficié à travers la littérature.

4.3 Élaboration de nouvelles mesures d'adaptation

Le tableau 27 présente les mesures d'adaptation qu'il serait possible d'appliquer à la majorité des 26 professions très à risque qui n'en ont pas bénéficié à travers la littérature et qui résultent de l'approche par association développée par le groupe de recherche. Ce dernier est tout à fait conscient que certaines des mesures d'adaptation identifiées à l'aide de la revue de la littérature pourraient s'appliquer intégralement ou en partie aux professions pour lesquelles aucune n'a été documentée et que des ajustements pourraient être requis en raison d'un certain nombre de variables telles les caractéristiques des fonctions exercées au sein de ces professions et/ou le genre d'usine où œuvrent les travailleurs qui les exercent.

En se basant sur l'approche préconisée, les gestionnaires en agriculture pourraient, par exemple, bénéficier des mesures d'adaptation recensées pour les professions d'ouvriers/ouvrières agricoles et de manœuvres à la récolte (tableau 23) étant donné que ces professions sont liées aux mêmes sous-secteurs industriels (Cultures agricoles/SCIAN² 111 – Élevage et aquaculture/SCIAN 112). Certaines mesures administratives, en particulier la réorganisation du travail et les modifications des pratiques de travail, pourraient néanmoins nécessiter un ajustement, car d'autres responsabilités incombent aux gestionnaires, comme la planification et la supervision des travaux, et ce en plus des travaux agricoles auxquels ils participent activement.

Cette approche par association a également été mise à profit pour identifier des mesures d'adaptation complémentaires à celles déjà recensées à travers la littérature pour certaines des 24 professions très à risque. Il est, ainsi, apparu tout à fait logique que les mesures destinées aux professions de charpentiers-menuisiers/charpentières-menuisières (tableau 15), de briqueteurs-maçons/briqueteuses-maçonnes (tableau 16) et d'aides de soutien des métiers et manœuvres en construction (tableau 19) soient complétées, au besoin, par celles documentées pour les travailleurs du secteur de la construction de manière générale (tableau 26). La profession de charpentiers-menuisiers/charpentières-menuisières par exemple, n'a été visée que par une mesure spécifique, en l'occurrence un habillement adapté, proposé par Chan *et al.* (2015) et Chan

² Système de classification des industries de l'Amérique du Nord.

et al. (2016a) dont l'objectif était d'étudier ce type de mesure en particulier. Étant donné son lien avec l'industrie de la construction, toutes les autres mesures d'adaptation recensées pour les travailleurs de cette industrie pourraient donc lui être naturellement appliquées.

Cette même logique pourrait également bénéficier à la profession d'ouvriers/ouvrières de pépinières et de serres dont les quelques mesures d'adaptation extraites de Cecchini *et al.* (2010) (tableau 24) pourraient être complétées par celles visant les ouvriers/ouvrières agricoles et les manœuvres à la récolte (tableau 23) vu que ces trois professions sont toutes associées au secteur agricole.

D'autre part, il est apparu tout à fait opportun de compléter tant les mesures recensées par la littérature que celles proposées par association, en puisant, au besoin, dans les diverses actions générales relatives à la réalisation concrète des mesures d'ingénierie, administratives et de protection personnelle et qui sont présentées dans le tableau 3 (voir section 1. État des connaissances). Les mesures administratives pourraient intégrer, entre autres, l'évaluation médicale préliminaire visant à dépister toute intolérance à la chaleur des travailleurs en tenant compte de leurs facteurs personnels de santé (p. ex., maladies aiguës et chroniques, prise de certains médicaments, condition physique) et les examens médicaux périodiques, en particulier à la suite d'un épisode de troubles liés à la chaleur.

Finalement, l'approche par association n'a pu être appliquée à quatre professions, car exercées dans des milieux de travail plutôt divergents. Ces professions sont impliquées principalement dans l'extraction de pétrole et de gaz, les services d'entretien des puits de pétrole et de gaz ainsi que la surveillance et le fonctionnement de la machinerie de forage. Elles incluent :

- les entrepreneurs/entrepreneuses et surveillants/surveillantes du forage et des services reliés à l'extraction de pétrole et de gaz ;
- les manœuvres de forage et d'entretien des puits de pétrole et de gaz, et personnel assimilé ;
- les foreurs/foreuses et personnel de mise à l'essai et d'autres services reliés à l'extraction de pétrole et de gaz ;
- le personnel du forage et de l'entretien des puits de pétrole et de gaz et personnel assimilé.

Il a néanmoins semblé approprié de leur appliquer minimalement l'ensemble des mesures de natures administratives présentées dans le tableau 3, dont l'élaboration d'un plan de prévention chaleur, des séances de formation/sensibilisation pour tous les employés, un programme d'acclimatation adapté aux conditions de travail, un protocole renforcé d'hydratation, la réorganisation du travail selon les spécificités de chacune de ces professions, et une surveillance médicale régulière, dont le dépistage de toute intolérance à la chaleur. Le cas échéant, des mesures d'ingénierie qui réduiraient la chaleur radiante émise par les machineries et autres équipements pourraient également s'avérer pertinentes.

Tableau 27. Mesures d'adaptation applicables par association à la majorité des 26 professions qui n'en ont pas bénéficié à travers la revue de la littérature

Profession [Code CNP]	Mesures d'adaptation pouvant être appliquées	Commentaires
Gestionnaires en agriculture [0821]	Celles recensées pour les ouvriers/ouvrières agricoles [8431] et manœuvres à la récolte [8611] (voir tableau 23) et pour les ouvriers/ouvrières de pépinières et de serres [8432] (voir tableau 24)	<ul style="list-style-type: none"> • Ces professions sont liées aux mêmes sous-secteurs industriels (Cultures agricoles/SCIAN* 111 – Élevage et aquaculture/SCIAN 112) • L'application de certaines mesures administratives, en particulier la réorganisation du travail pourrait nécessiter un ajustement qui tient compte des tâches exécutées par les gestionnaires en agriculture dont les fonctions incluent, outre les travaux agricoles au même titre que les professions d'ouvriers/ouvrières agricoles ou manœuvres à la récolte, d'autres responsabilités administratives • Certaines mesures administratives seraient en revanche inappropriées, comme les guides illustrés destinés aux travailleurs à faible niveau d'alphabétisation, tels que préconisés par OSHA (2011)
Guides d'activités récréatives et sportives de plein air [6532]	Celles recensées pour les techniciens/techniciennes et spécialistes de l'aménagement paysager et de l'horticulture [2225] et pour les manœuvres en aménagement paysager et en entretien des terrains [8612] (voir tableau 10)	Bien que les charges de travail pourraient être différentes, ces professions présentent des similitudes en matière d'environnements de travail en plein air (p. ex., parcs provinciaux, fédéraux)
Nettoyeurs spécialisés/nettoyeuses spécialisées (ramoneurs de revêtement extérieur, de vitres, de piscines, de fosses septiques, etc.) [6732]	Celles recensées pour les manœuvres à l'entretien des travaux publics [7621] (voir tableau 20)	Certaines tâches exécutées par ces professions présentent des similitudes, dont celles de nettoyage et d'entretien manuels
Entrepreneurs/entrepreneuses et contremaîtres/contremaîtresses en charpenterie [7204]	Celles recensées pour les travailleurs du secteur de la construction en général (voir tableau 26)	<ul style="list-style-type: none"> • Les professions sont principalement liées à l'industrie de la construction • Certaines autres mesures administratives ne seraient pas indiquées, dont les guides illustrés pour travailleurs à faible

Profession [Code CNP]	Mesures d'adaptation pouvant être appliquées	Commentaires
Entrepreneurs/entrepreneuses et contremaîtres/contremaîtresses d'autres métiers de la construction et des services de réparation et d'installation [7205]		niveau d'alphabétisation, tels que préconisés par OSHA (2011)
Machinistes et vérificateurs/vérificatrices d'usinage et d'outillage [7231]	Certaines des mesures d'adaptation recensées pour les ouvriers/ouvrières de fonderie [9412] et les manœuvres dans le traitement des métaux et des minerais [9611] (voir tableau 25)	<ul style="list-style-type: none"> • Les machinistes et vérificateurs/vérificatrices d'usinage et d'outillage exercent leurs fonctions dans des ateliers et des usines de fabrication de machinerie, dont des équipements, des véhicules automobiles et d'autres pièces métalliques façonnées. Il s'agit d'environnements de travail qui intègrent des sources de chaleur radiante (p. ex., machinerie et fours de séchage) • Les mesures recensées dans le tableau 25 pourraient nécessiter un ajustement selon les milieux de travail particuliers aux machinistes et vérificateurs/vérificatrices d'usinage et d'outillage. Les mesures d'ingénierie devraient comporter des solutions pour isoler les sources de chaleur radiante, mais elles seraient différentes de celles qui visent spécifiquement les alumineries. La réorganisation du travail qui permettrait de limiter l'exposition des travailleurs à la contrainte thermique et/ou de réduire la charge de travail devrait également tenir compte des conditions et horaires propres aux machinistes et vérificateurs/vérificatrices d'usinage et d'outillage. Les mesures de protection personnelle proposées par Gilewicz <i>et al.</i> (2016) (sous-vêtement à haut niveau d'isolation thermique et de perméabilité améliorée à l'air et à la vapeur d'eau) et Shirish <i>et al.</i> (2016) (veste de refroidissement) seraient également appropriées pour cette profession • Des mesures d'ingénierie supplémentaires seraient de même tout à fait indiquées tels des ventilateurs industriels et des systèmes refroidissement par évaporation
Monteurs/monteuses de lignes et de câbles de télécommunications [7245]	Celles recensées pour les monteurs/monteuses de lignes	Les deux professions sont associées à des tâches et des environnements de travail similaires

Profession [Code CNP]	Mesures d'adaptation pouvant être appliquées	Commentaires
	électriciens et de câbles [7244] (voir tableau 14)	
Finisseurs/finisseuses de béton [7282] Couvreur/couvreuses et poseurs/poseuses de bardeaux [7291]	Celles recensées pour les travailleurs du secteur de la construction en général (voir tableau 26)	<ul style="list-style-type: none"> • Les deux professions sont principalement liées à l'industrie de la construction • Certaines autres mesures administratives ne seraient pas indiquées, dont les guides illustrés destinés aux travailleurs à faible niveau d'alphabétisation, tels que préconisés par OSHA (2011)
Conducteurs/conductrices de machinerie d'entretien public et personnel assimilé [7522]	Celles recensées pour les conducteurs/conductrices de camions de transport [7511] et pour les conducteurs/conductrices d'équipement lourd (sauf les grues) [7521] (voir tableau 18) ainsi que celles qui ciblent les manœuvres à l'entretien des travaux publics [7621] (voir tableau 20)	<p>La profession de conducteurs/conductrices de machinerie d'entretien public et personnel assimilé inclut :</p> <ul style="list-style-type: none"> • des emplois de conducteurs/conductrices de camions (p. ex., d'ordures, d'arrosage de rues ou de machinerie de déneigement) qui partagent un environnement et des conditions de travail similaires aux professions de conducteurs/conductrices de camion de transport et de conducteurs/conductrices d'équipement lourd • des emplois qui impliquent des tâches semblables à ceux associés à la profession de manœuvres à l'entretien des travaux publics (p. ex., nettoyage d'équipements publics, entretien de matériel)
Entrepreneurs/entrepreneuses de services agricoles, surveillants/surveillantes d'exploitations agricoles et ouvriers spécialisés/ouvrières spécialisées dans l'élevage [8252]	Celles recensées pour les ouvriers/ouvrières agricoles [8431] et les manœuvres à la récolte [8611] (voir tableau 23) et pour les ouvriers/ouvrières de pépinières et de serres [8432] (voir tableau 24)	<ul style="list-style-type: none"> • Ces professions sont liées aux mêmes sous-secteurs industriels (Cultures agricoles/SCIAN 111 – Élevage et aquaculture/SCIAN 112) • L'application de certaines mesures administratives, en particulier l'organisation rationnelle du travail, pourrait nécessiter un ajustement qui tient compte des tâches exécutées par la profession d'entrepreneurs/entrepreneuses de services agricoles, surveillants/surveillantes d'exploitations agricoles et ouvriers spécialisés/ouvrières spécialisées dans l'élevage. Les fonctions principales de cette profession dépendent des appellations d'emploi et incluent l'une ou l'autre de ces tâches : élevage du bétail et de la volaille, préparation des sols, pulvérisation des récoltes, surveillance du travail des ouvriers/ouvrières agricoles et des manœuvres à la récolte, exécution des programmes d'alimentation, de soins de santé et de reproduction dans des

Profession [Code CNP]	Mesures d'adaptation pouvant être appliquées	Commentaires
		<p>fermes d'élevage de troupeaux laitiers, de bovins, d'ovins, de volaille, de porcins et d'autres fermes d'élevage</p> <ul style="list-style-type: none"> • Certaines autres mesures administratives ne seraient pas indiquées, dont les guides illustrés destinés aux travailleurs à faible niveau d'alphabétisation, tels que préconisés par OSHA (2011)
Surveillants/surveillantes dans la transformation des métaux et des minerais [9211]	Celles recensées pour les ouvriers/ouvrières de fonderie [9412] et les manœuvres dans le traitement des métaux et des minerais [9611] (voir tableau 25)	Ces professions sont liées à un même sous-secteur industriel, soit celui de première transformation des métaux (SCIAN 331) et leurs fonctions sont exercées dans les mêmes catégories d'usines (p. ex., aciéries et alumineries) ce qui implique des environnements de travail similaires. En outre, ces trois professions présentent des conditions d'emploi analogues en ce qui concerne la charge physique de travail
Surveillants/surveillantes dans le raffinage du pétrole, dans le traitement du gaz et des produits chimiques et dans les services d'utilité publique [9212]	Certaines des mesures d'adaptation recensées pour les ouvriers/ouvrières de fonderie [9412] et les manœuvres dans le traitement des métaux et des minerais [9611] (voir tableau 25) ainsi que certaines des mesures d'ingénierie destinées au personnel de blanchisseries et d'établissements de nettoyage à sec et personnel assimilé [6741] (voir tableau 13)	<ul style="list-style-type: none"> • Les surveillants/surveillantes dans le raffinage du pétrole, dans le traitement du gaz et des produits chimiques et dans les services d'utilité publique travaillent notamment dans des entreprises pétrochimiques, de produits chimiques, de traitement des déchets et de traitements de pétrole et de gaz naturel. La plupart de ces industries utilisent des procédés exothermiques (qui libèrent de la chaleur) et sont également associées à des sources de chaleur radiante qui incluent des chaufferies, des fours d'incinération ou des fours de traitement des produits chimiques • Les mesures recensées dans le tableau 25 pourraient nécessiter un ajustement selon les milieux de travail spécifiques aux surveillants/surveillantes dans le raffinage du pétrole, dans le traitement du gaz et des produits chimiques et dans les services d'utilité publique. Les mesures d'ingénierie devraient comporter des solutions pour isoler les sources de chaleur radiante, mais elles seraient différentes de celles qui ciblent spécifiquement les alumineries. La réorganisation du travail qui permettrait de limiter l'exposition des travailleurs à la contrainte thermique et/ou de réduire la charge de travail devrait également tenir compte des

Profession [Code CNP]	Mesures d'adaptation pouvant être appliquées	Commentaires
		<p>conditions et horaires spécifiques de travail des surveillants/surveillantes dans le raffinage du pétrole, dans le traitement du gaz et des produits chimiques et dans les services d'utilité publique. Les mesures de protection personnelle proposées par Gilewicz <i>et al.</i> (2016) (sous-vêtement à haut niveau d'isolation thermique et de perméabilité améliorée à l'air et à la vapeur d'eau) et Shirish <i>et al.</i> (2016) (veste de refroidissement) seraient de même appropriées pour cette profession</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les mesures d'ingénierie, destinées au personnel de blanchisseries et d'établissements de nettoyage à sec et personnel assimilé, incluent des solutions qui pourraient s'appliquer pour réduire la chaleur issue des procédés exothermiques, comme la ventilation générale, les ventilateurs électriques individuels, le refroidissement par évaporation, la réfrigération mécanique et l'élimination des fuites de vapeurs. De plus, l'utilisation de hotte de ventilation au-dessus de tel procédé pourrait être recommandée
Surveillants/surveillantes dans la transformation des aliments et des boissons [9213]	Celles, en tout ou partie, recensées pour les cuisiniers/cuisinières [6322] (voir tableau 12) et quelques-unes des mesures d'adaptation recensées pour les ouvriers/ouvrières de fonderie [9412] et les manœuvres dans le traitement des métaux et des minerais [9611] (voir tableau 25)	<ul style="list-style-type: none"> • Certains des emplois de la profession de surveillant/surveillantes dans la transformation des aliments et des boissons sont impliqués dans les activités de cuisson alimentaire. Leur environnement de travail, associant préparation des aliments et contrainte thermique, est donc similaire à celui des cuisiniers/cuisinières. Pour les emplois impliquant l'utilisation de fours la ventilation ne serait toutefois pas appropriée, car celle-ci ne réduit pas la chaleur radiante produite par ce type d'équipement (Alie <i>et al.</i>, 1995) • En raison de l'usage de fours, sources de chaleur radiante, dans certains lieux de travail comme les boulangeries-pâtisseries et les confiseries, certaines de mesures du tableau 25 pourraient présenter une certaine pertinence, telles que : <ul style="list-style-type: none"> ○ La surveillance de l'astreinte thermique par mesure des extrapulsations cardiaques thermiques (EPCT), et le cas échéant l'évaluation des pertes hydriques, afin de déterminer les durées limites de travail (Meyer <i>et al.</i>, 2014)

Profession [Code CNP]	Mesures d'adaptation pouvant être appliquées	Commentaires
		<ul style="list-style-type: none"> ○ Les mesures de protection personnelles proposées par Gilewicz <i>et al.</i> (2016) (sous-vêtement à haut niveau d'isolation thermique et de perméabilité améliorée à l'air et à la vapeur d'eau) et Shirish <i>et al.</i> (2016) (veste de refroidissement)
Opérateurs/opératrices de poste central de contrôle et de conduite de procédés industriels dans le traitement des métaux et des minerais [9231]	Celles recensées pour les ouvriers/ouvrières de fonderie [9412] et les manœuvres dans le traitement des métaux et des minerais [9611] (voir tableau 25)	Ces professions sont associées à des environnements de travail fermés similaires qui incluent des sources de chaleur radiante, dont des fours et des matières en fusion
Opérateurs/opératrices de machines à former et à finir le verre et coupeurs de verre [9413]		
Opérateurs/opératrices de machines dans le façonnage et la finition des produits en béton, en argile ou en pierre [9414]	Celles recensées pour les ouvriers/ouvrières de fonderie [9412] et les manœuvres dans le traitement des métaux et des minerais [9611] (voir tableau 25)	La profession d'opérateurs/opératrices de machines dans le façonnage et la finition des produits en béton, en argile ou en pierre comprend des emplois dont l'environnement de travail inclut des sources de chaleur radiante, dont des fours céramiques pour la cuisson des produits en argile ou des fours de briqueteries
Opérateurs/opératrices d'installations de traitement des produits chimiques [9421]	Celles recensées pour les ouvriers/ouvrières de fonderie [9412] et les manœuvres dans le traitement des métaux et des minerais [9611] (voir tableau 25) ainsi que les mesures d'ingénierie destinées au personnel de blanchisseries et d'établissements de nettoyage à sec et personnel assimilé [6741] (voir tableau 13)	Similarités avec la profession de surveillants/surveillantes dans le raffinage du pétrole, dans le traitement du gaz et des produits chimiques et dans les services d'utilité publique [9212]
Opérateurs/opératrices de machines de traitement des matières plastiques [9422]	Celles recensées pour les ouvriers/ouvrières de fonderie [9412] et les manœuvres dans le traitement	<ul style="list-style-type: none"> ● Ces professions sont associées à des environnements de travail fermés similaires qui incluent des sources de chaleur radiante, dont des fours et des matières en fusion

Profession [Code CNP]	Mesures d'adaptation pouvant être appliquées	Commentaires
	des métaux et des minerais [9611] (voir tableau 25)	<ul style="list-style-type: none"> • Les mesures recensées au tableau 25 pourraient nécessiter un ajustement selon les milieux de travail spécifiques aux opérateurs/opératrices de machines de traitement des matières plastiques. Les mesures d'ingénierie devraient comporter des solutions pour isoler les sources de chaleur radiante, mais elles seraient différentes de celles qui ciblent spécifiquement les alumineries. La réorganisation du travail qui permettrait de limiter l'exposition des travailleurs à la contrainte thermique et/ou de réduire la charge de travail devrait également tenir compte des conditions et horaires spécifiques de travail des opérateurs/opératrices de machines de traitement des matières plastiques. Les mesures de protection personnelle proposées par Gilewicz <i>et al.</i> (2016) (sous-vêtement à haut niveau d'isolation thermique et de perméabilité améliorée à l'air et à la vapeur d'eau) et Shirish <i>et al.</i> (2016) (veste de refroidissement) seraient de même appropriées pour cette profession • Des mesures d'ingénierie supplémentaires seraient également indiquées, tels des ventilateurs industriels et des systèmes de refroidissement par évaporation
Opérateurs/opératrices de machines de transformation du caoutchouc et personnel assimilé [9423]	Celles recensées pour les ouvriers/ouvrières de fonderie [9412] et les manœuvres dans le traitement des métaux et des minerais [9611] (voir tableau 25)	<ul style="list-style-type: none"> • Ces professions sont associées à des environnements de travail fermés similaires qui incluent des sources de chaleur radiante, dont des fours et des matières en fusion • Les mesures recensées au tableau 25 pourraient nécessiter un ajustement selon les milieux de travail spécifiques aux opérateurs/opératrices de machines de transformation du caoutchouc et personnel assimilé. Les mesures d'ingénierie devraient comporter des solutions pour isoler les sources de chaleur radiante, mais elles seraient différentes de celles qui ciblent spécifiquement les alumineries. La réorganisation du travail qui permettrait de limiter l'exposition des travailleurs à la contrainte thermique et/ou de réduire la charge de travail devrait également tenir compte des conditions et horaires spécifiques des opérateurs/opératrices de machines de transformation du caoutchouc et personnel assimilé. Les mesures de protection personnelle proposées Gilewicz <i>et al.</i> (2016) (sous-vêtement isolant thermique) et Shirish <i>et al.</i>

Profession [Code CNP]	Mesures d'adaptation pouvant être appliquées	Commentaires
		<p>(2016) (veste de refroidissement) seraient de même appropriées pour cette profession</p> <ul style="list-style-type: none"> • Des mesures d'ingénierie supplémentaires seraient également indiquées, tels des ventilateurs industriels et des systèmes de refroidissement par évaporation
Manœuvres en métallurgie [9612]	Celles recensées pour les ouvriers/ouvrières de fonderie [9412] et les manœuvres dans le traitement des métaux et des minerais [9611] (voir tableau 25)	Ces professions sont associées à des environnements de travail fermés similaires qui incluent des sources de chaleur radiante, dont des fours et des matières en fusion
Manœuvres dans le traitement des produits chimiques et les services d'utilité publique [9613]	Celles recensées pour les ouvriers/ouvrières de fonderie [9412] et les manœuvres dans le traitement des métaux et des minerais [9611] (voir tableau 25) ainsi que les mesures d'ingénierie destinées au personnel de blanchisseries et d'établissements de nettoyage à sec et personnel assimilé [6741] (voir tableau 13)	Similarité avec la profession de surveillants/surveillantes dans le raffinage du pétrole, dans le traitement du gaz et des produits chimiques et dans les services d'utilité publique [9212]

*Système de classification des industries de l'Amérique du Nord

4.4 Faits saillants du deuxième atelier d'échange

Le deuxième atelier a été l'occasion de soumettre aux représentants des diverses parties prenantes l'approche par association développée par le groupe de recherche pour élaborer de nouvelles mesures pour les professions orphelines, c'est-à-dire pour lesquelles aucune n'avait été recensée à travers la revue de la littérature. Les mesures nouvellement établies ont été accueillies avec enthousiasme et la pertinence de la démarche utilisée a été largement soulignée.

Les représentants de parties prenantes ont également adhéré à la logique de compléter, au besoin, les mesures d'adaptation destinées à certaines professions liées à l'industrie de la construction (soit charpentiers-menuisiers/charpentières-menuisières, voir tableau 15 ; briqueteurs-maçons/briqueuses-maçonnnes, voir tableau 16 ; aides de soutien des métiers et manœuvres en construction, voir tableau 19) par celles documentées pour les travailleurs du secteur de la construction de manière générale (tableau 26). Il en a été de même pour l'idée d'adjoindre aux quelques mesures identifiées pour la profession d'ouvriers/ouvrières de pépinières et de serres celles ayant été recensées pour les ouvriers/ouvrières agricoles et les manœuvres à la récolte.

Néanmoins, les mesures d'adaptation d'ingénierie et de nature administrative proposées pour les quatre professions impliquées principalement dans l'extraction de pétrole et de gaz (entrepreneurs/entrepreneuses et surveillants/surveillantes du forage et des services reliés à l'extraction de pétrole et de gaz ; manœuvres de forage et d'entretien des puits de pétrole et de gaz, et personnel assimilé ; foreurs/foreuses et personnel de mise à l'essai et d'autres services reliés à l'extraction de pétrole et de gaz ; personnel du forage et de l'entretien des puits de pétrole et de gaz et personnel assimilé) n'ont pu être discutées, car il n'y avait pas de représentants de ces milieux de travail lors de la tenue de ce deuxième atelier d'échange.

Les représentants de parties prenantes ont globalement appuyé la proposition de compléter tant les mesures d'adaptation recensées dans la littérature que celles élaborées selon l'approche par association en puisant, au besoin, parmi les actions générales relatives à la concrétisation des mesures de contrôle de la contrainte thermique (tableau 3). Toutefois, certains d'entre eux ont soulevé un enjeu de confidentialité relativement à la surveillance médicale des travailleurs, notamment les examens médicaux préliminaires de dépistage de l'intolérance à la chaleur et ceux devant être menés périodiquement. Cet enjeu avait d'ailleurs déjà été abordé lors du premier atelier. Le recours à la surveillance médicale, quoique très pertinent, pourrait s'avérer laborieux au Québec, à la lumière de ces échanges. Un possible risque de discrimination à l'emploi a également été évoqué, car certaines conditions médicales pourraient être potentiellement jugées comme étant incompatibles avec les postes à pourvoir.

Certains représentants ont de nouveau fait allusion à cet enjeu de confidentialité, cette fois-ci en lien avec la surveillance de l'astreinte thermique, tout particulièrement les mesures directes d'indicateurs physiologiques, comme la fréquence cardiaque (FC) et la

température corporelle, préconisées pour un grand nombre de professions très à risque, entre autres celles de pompiers/pompières. Les données obtenues seraient du même ordre que les résultats des examens médicaux que subirait un travailleur et dont la transmission à l'employeur pourrait susciter des enjeux éthiques, réglementaires, voire légaux. Néanmoins, et selon le représentant d'un service de sécurité incendie, l'implémentation de la mesure directe de la FC chez les pompiers pourrait s'avérer plus aisée, car des équipes médicales bénévoles les accompagnent déjà lors de leurs interventions. Une formation adéquate des membres de ces équipes aux diverses modalités de suivi de la FC sur le terrain pourrait contribuer à la promotion et à la mise en œuvre optimale d'une telle surveillance. L'intérêt vis-à-vis de la surveillance de l'astreinte thermique auprès de la profession de pompiers/pompières avait par ailleurs déjà été souligné lors du premier atelier d'échange.

Outre le souci de confidentialité des données médicales, les représentants de parties prenantes ont également évoqué le caractère intrusif des mesures directes d'indicateurs physiologiques qui pourraient de même occasionner des perturbations du travail ce qui n'encouragerait pas nécessairement l'adhésion ni des employeurs (ou gestionnaires) ni des travailleurs. Néanmoins, l'évaluation subjective de l'astreinte thermique par le biais de l'indice de stress perçu ou PeSI (*Perceptual Strain Index*), basé uniquement sur la cotation conjointe du ressenti de l'effort et de la sensation thermique par le travailleur lui-même sans avoir à mesurer directement des indicateurs physiologiques, a suscité beaucoup d'intérêt auprès des représentants issus des domaines de la sidérurgie-fonderie et de la prévention des incendies. L'évaluation de l'indice PeSI a été d'ailleurs recommandée par Chan et Yang (2016) pour les travailleurs du secteur de la construction à Hong Kong.

Les discussions ont également permis de souligner à nouveau l'importance d'éduquer, d'informer et de sensibiliser de façon continue les travailleurs sur les risques liés à la chaleur. En affinant leur connaissance sur un sujet les touchant à l'évidence de très près, ils pourraient en effet être plus prompts à développer des comportements sécuritaires et un mode de vie plus sain voire à devenir proactifs et s'impliquer davantage dans les processus qui tendent à améliorer leurs conditions de travail en ambiance chaude. Cette attitude participative ferait donc partie, selon la plupart des représentants de parties prenantes, des solutions qui viseraient à stimuler des changements positifs au sein des milieux de travail les plus vulnérables.

Malgré les difficultés potentielles à leur application pratique, la pertinence et la justesse de l'ensemble des mesures d'adaptation proposées, que cela soit à travers la revue de la littérature ou selon l'approche par association, ont été grandement soulignées lors de cet atelier. Les représentants de parties prenantes n'ont pas éprouvé la nécessité de les corriger, de les compléter ou de les bonifier, car ils sont estimés qu'elles étaient judicieuses et sensées.

En raison d'une contrainte de temps, les discussions menées lors de ce deuxième atelier n'ont toutefois pas permis d'aborder le sujet des besoins éventuels en aménagements réglementaires en vue d'améliorer la protection des travailleurs du Québec dans un contexte de hausse des épisodes de fortes chaleurs liée aux CC.

CONCLUSION

Ce 2^e volet de la recherche sur l'adaptation des milieux de travail aux effets des CC a permis de coconstruire des mesures d'adaptation pour la majorité des professions du Québec très à risque pour la hausse des épisodes de fortes chaleurs. Le processus de coconstruction a été rendu possible grâce à la tenue d'ateliers d'échange, de réflexion et de collaboration entre les membres du groupe de recherche et plusieurs représentants de parties prenantes impliquées dans le domaine de la santé et de la sécurité des milieux de travail concernés.

Cette recherche est la première au Québec et au Canada à avoir privilégié une telle approche de coconstruction dans le but de maintenir en santé les travailleurs malgré les conséquences appréhendées des épisodes de fortes chaleurs, plus fréquents et plus intenses en raison des CC.

Les représentants de parties prenantes ont eu l'opportunité de prendre connaissance, de discuter et d'apprécier la pertinence et le réalisme des mesures d'adaptation recensées ou proposées pour les professions du Québec les plus à risque. À l'évidence, les mesures d'adaptation phares qui ont cristallisé l'intérêt des représentants de parties prenantes en raison d'une applicabilité plus aisée au Québec, sont essentiellement de nature administrative et englobent :

- la formation et la sensibilisation de l'ensemble des travailleurs, qu'ils soient nouvellement embauchés ou déjà en emploi, aux risques liés à la contrainte thermique due à la chaleur pour augmenter leur vigilance à cet égard ;
- une réorganisation de travail, impliquant une planification optimale des pauses ;
- la mise en place d'un protocole renforcé d'hydratation pour inciter davantage à la consommation d'eau avant, pendant et après le quart de travail, incluant les phases de repos, afin de remplacer les pertes d'eau occasionnées par le travail à la chaleur et prévenir les risques liés à la déshydratation.

Par ailleurs, la majorité des mesures d'adaptation aux CC recensées dans la revue de la littérature pourraient être aisément mises en œuvre tout en étant reconnues ou présentant un fort potentiel d'efficacité à prévenir les maladies liées à la chaleur au sein des travailleurs exposés à des contraintes thermiques élevées. Ces mesures demeurent néanmoins tributaires d'une promotion constante et soutenue auprès des employeurs, des gestionnaires et des travailleurs.

Sans conteste, cette recherche met donc l'accent sur l'importance cruciale de promouvoir sans relâche la formation et la sensibilisation des travailleurs les plus à risque face à l'augmentation des niveaux de contrainte thermique que pourrait occasionner la hausse des épisodes de fortes chaleurs liée aux CC. Elle permet également de dégager les nombreuses difficultés qui pourraient nuire à la mise en pratique de certaines mesures d'adaptation, et tout particulièrement celles privilégiant une protection individuelle, que ce soient des limites organisationnelles, des coûts d'implémentation très élevés, des enjeux

de confidentialité et surtout une problématique de culture de travail peu réceptive au changement et à l'innovation.

Pour l'essentiel, les résultats de cette recherche offrent l'opportunité de mieux soutenir les travailleurs et les milieux de travail les plus à risque face à la hausse des épisodes de fortes chaleurs en proposant diverses catégories de mesures d'adaptation. Certes, le groupe de recherche est tout à fait conscient que plusieurs de ces mesures requièrent des réglementations et des politiques appropriées, des investissements et une collaboration étroite entre instances gouvernementales, employeurs et représentants des travailleurs.

Sans en minimiser la portée, cette recherche ne prétend pas à l'exhaustivité. Elle n'aura permis que de couvrir un seul danger lié aux CC, identifié comme prioritaire pour les travailleurs du Québec. L'approche de coconstruction sur laquelle s'est appuyée cette étude, pour évaluer la pertinence et le réalisme terrain des mesures d'adaptation proposées, pourrait toutefois constituer une véritable base de travail pour de futures recherches sur des stratégies qui visent à prévenir les problèmes de santé découlant des CC, et ce, pour l'ensemble des milieux de travail québécois.

Enfin, cette recherche pourrait également contribuer au développement d'un guide destiné aux employeurs et aux travailleurs pour une application effective des mesures d'adaptation dont les retombées auront été jugées comme étant les plus importantes.

BIBLIOGRAPHIE

- Alaila, A. (2018). *Administrative Controls for Management of Heat Stress in Qatari Construction Sites*. (Mémoire de maîtrise, Qatar University, College of Engineering, Doha, Qatar). Tiré de <https://qspace.qu.edu.qa/handle/10576/11215>
- Alie, R., Dufresne, D., Nadeau, D. et Prud'homme, C. (1995). *Formation sur la contrainte - exposition à la chaleur*. Montréal, QC: Institut national de santé publique du Québec. Tiré de <http://www.santecom.qc.ca/Bibliothequevirtuelle/santecom/35567000062007.pdf>
- Annaheim, S., Psikuta, A., Fojtlin, M., Joshi, A., Short, R., Greve, G., . . . Casanueva, A. (2018). *Report on solutions to mitigate heat stress for workers of the transportation sector*. European Union: HeatShield Consortium. Tiré de <https://www.heat-shield.eu/>
- Ashtekar, S., Mishra, S., Kapadia, V., Nag, P. et Singh, G. (2019). Workplace Heat Exposure Management in Indian Construction Workers Using Cooling Garment. *Workplace Health & Safety*, 67(1), 18-26. doi: 10.1177/2165079918785388
- ASP Construction. (2020). Prévenir les risques du travail à la chaleur durant l'été. *Prévenir aussi*, 35(2), 8-11.
- Bach, A. J. E., Maley, M. J., Minett, G. M., Zietek, S. A., Stewart, K. L. et Stewart, I. B. (2019). An Evaluation of Personal Cooling Systems for Reducing Thermal Strain Whilst Working in Chemical/Biological Protective Clothing. *Frontiers in Physiology*, 10: 424. doi: 10.3389/fphys.2019.00424
- Bahramian, Q. (2013). *Reducing the Risk of Heat Related Illnesses to Agricultural Workers: An Analysis of Fabrics and Options for Improved Thermal Comfort*. (Mémoire de maîtrise, University of California, Davis, CA, Etats-Unis). Accessible par ProQuest Dissertations & Theses Global.
- Barr, D., Gregson, W., Sutton, L. et Reilly, T. (2009). A practical cooling strategy for reducing the physiological strain associated with firefighting activity in the heat. *Ergonomics*, 52(4), 413-420. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/00140130802707675>
- Barr, D., Reilly, T. et Gregson, W. (2011). The impact of different cooling modalities on the physiological responses in firefighters during strenuous work performed in high environmental temperatures. *European Journal of Applied Physiology*, 111(6), 959-967. doi: 10.1007/s00421-010-1714-1
- Bates, G., Miller, V. S. et Joubert, D. M. (2010). Hydration Status of Expatriate Manual Workers During Summer in the Middle East. *Annals of Occupational Hygiene*, 54(2), 137-143. doi: 10.1093/annhyg/mep076
- Bates, G., Parker, R., Ashby, L. et Bentley, T. (2001). Fluid intake and hydration status of forest workers - a preliminary investigation. *International Journal of Forest Engineering*, 12(2), 27-32. doi: 10.1080/14942119.2001.10702443
- Bates, G. et Schneider, J. (2008). Hydration status and physiological workload of UAE construction workers: A prospective longitudinal observational study. *Journal of Occupational Medicine*, 3(1), 21. doi: 10.1186/1745-6673-3-21

- Bennett, B. L., Hagan, R. D., Huey, K. A., Minson, C. et Cain, D. (1995). Comparison of two cool vests on heat-strain reduction while wearing a firefighting ensemble. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 70(4), 322-328. doi: 10.1007/bf00865029
- Bernard, T. E., Ashley, C. D. et Caravello, V. (2004). *Predicting Compensable versus Uncompensable Heat Stress from Physiological Strain Index*. Communication présentée à Annual Meeting Abstracts: G-32 – Free Communication/Poster: Thermoregulation and Heat Stress, University of South Florida, Tampa, Florida (vol. 36, p. S316). Tiré de <https://www.cdc.gov/niosh/nioshtic-2/20044046.html>
- Bernard, T. E., Dukes-Dobos, F. N. et Ramsey, J. D. (1994). Evaluation and control of hot working environments: Part II — The scientific basis (knowledge base) for the guide. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 14(1), 129-138. doi: 10.1016/0169-8141(94)90010-8
- Bernard, T. E. et Kenney, W. L. (1994). Rationale for a personal monitor for heat strain. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 55(6), 505-514. doi: 10.1202/0002-8894(1994)055<0505:Rfapmf>2.0.Co;2
- Bernatíková, S., Tomaskova, H., Buzga, M., Jirak, Z., Novak, P., Babjak, J., . . . Janosik, L. (2018). Verification of electronic device technology for measurement and evaluation of thermal exposure of fire fighters and members of rescue teams. *Medycyna Pracy*, 69(1), 1-11. doi: 10.13075/mp.5893.00591
- Bethea, D. et Parsons, K. (2002). *The development of a practical heat stress assessment methodology for use in UK industry* (Rapport n° 008). Norwich, UK: Health and Safety Executive. Tiré de <https://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr008.pdf>
- Bodin, T., Garcia-Trabanino, R., Weiss, I., Jarquin, E., Glaser, J., Jakobsson, K., . . . Wegman, D. H. (2016). Intervention to reduce heat stress and improve efficiency among sugarcane workers in El Salvador: Phase 1. *Occupational & Environmental Medicine*, 73(6), 409-416. doi: 10.1136/oemed-2016-103555
- Bouchard, G., Gagnon, A., Talbot, G. et Turcotte, F. (1996). Comparaison de deux schemas d'organisation du travail avec exposition à la chaleur dans le raffinage de l'aluminium. [Comparaison de deux schemas d'organisation du travail avec exposition a la chaleur dans le raffinage de l'aluminium.]. *Archives des Maladies Professionnelles et de Medecine du Travail*, 57(5), 337-341.
- Brake, D. J. et Bates, G. (2001). Fatigue in industrial workers under thermal stress on extended shift lengths. *Occupational Medicine*, 51(7), 456-463. doi: 10.1093/occmed/51.7.456
- Brake, D. J. et Bates, G. P. (2002). Limiting metabolic rate (thermal work limit) as an index of thermal stress. *Applied Occupational & Environmental Hygiene*, 17(3), 176-186. doi: 10.1080/104732202753438261
- Brearley, M., Harrington, P., Lee, D. et Taylor, R. (2015). Working in hot conditions--a study of electrical utility workers in the northern territory of Australia. *Journal of Occupational & Environmental Hygiene*, 12(3), 156-162. doi: 10.1080/15459624.2014.957831

- Brearley, M., Norton, I., Trewin, T. et Mitchell, C. (2011). Fire fighter cooling in tropical field conditions. Tiré de <https://scholar.google.com/citations?user=PPXC4XgAAAAJ&hl=en>
- Brien-Breton, A. (2014). *Évaluation de la réponse physiologique au port de vêtements individuels de protection : Application à une nouvelle technologie de matériau à changement de phase pour les habits de pompiers*. (Mémoire de maîtrise, Université du Québec à Montréal, Montréal, QC). Tiré de <https://archipel.uqam.ca/6366/1/M13331.pdf>
- Burgess, J. L., Duncan, M. D., Hu, C., Littau, S. R., Caseman, D., Kurzius-Spencer, M., . . . McDonagh, P. F. (2012). Acute cardiovascular effects of firefighting and active cooling during rehabilitation. *Journal of Occupational & Environmental Medicine*, 54(11), 1413-1420. doi: 10.1097/JOM.0b013e3182619018
- Butler-Dawson, J., Krisher, L., Yoder, H., Dally, M., Sorensen, C., Johnson, R. J., . . . Newman, L. S. (2019). Evaluation of heat stress and cumulative incidence of acute kidney injury in sugarcane workers in Guatemala. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 92(7), 977-990. doi: 10.1007/s00420-019-01426-3
- Carballo-Leyenda, B., Villa, J. G., Lopez-Satue, J. et Rodriguez-Marroyo, J. A. (2017). Impact of Different Personal Protective Clothing on Wildland Firefighters' Physiological Strain. *Frontiers in Physiology*, 8: 618. doi: 10.3389/fphys.2017.00618
- Carter, J. B., Banister, E. W. et Morrison, J. B. (1999). Effectiveness of rest pauses and cooling in alleviation of heat stress during simulated firefighting activity. *Ergonomics*, 42(2), 299-313. doi: 10.1080/001401399185667
- Carter, J. M., Rayson, M. P., Wilkinson, D. M., Richmond, V. et Blacker, S. (2007). Strategies to combat heat strain during and after firefighting. *Journal of Thermal Biology*, 32(2), 109-116. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2006.12.001>
- CCHST. (2016). Exposition à la chaleur - Mesures de protection. *Centre canadien d'hygiène et de sécurité du travail*. Dernière mise à jour le 4 août 2016. Tiré de https://www.cchst.ca/oshanswers/phys_agents/heat_control.html#_1_3
- CCHST. (2018). Contrôle des dangers. *Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail*. Dernière mise à jour le 3 janvier 2018. Tiré de https://www.cchst.ca/oshanswers/hsprograms/hazard_control.html
- CCHST. (2019). Indice humidex et le travail. *Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail*. Dernière mise à jour le 2 juillet 2019. Tiré de https://www.cchst.ca/oshanswers/phys_agents/humidex.html
- CDC. (2017). Tips for Preventing Heat-Related Illness. *Centers for Disease Control and Prevention*. Dernière mise à jour le 19 juin 2017. Tiré de <https://www.cdc.gov/disasters/extremeheat/heattips.html>
- Cecchini, M., Colantoni, A., Massantini, R. et Monarca, D. (2010). Estimation of the risks of thermal stress due to the microclimate for manual fruit and vegetable harvesters in central Italy. *Journal of Agricultural Safety & Health*, 16(3), 141-159. doi: 10.13031/2013.32040

- Chan, A. P. C., Guo, Y. P., Wong, F. K. W., Li, Y., Sun, S. et Han, X. (2016b). The development of anti-heat stress clothing for construction workers in hot and humid weather. *Ergonomics*, 59(4), 479-495. doi: 10.1080/00140139.2015.1098733
- Chan, A. P. C., Wen, Y., Chan, D. W. M. et Wong, D. P. (2013a). Using the Thermal Work Limit as an Environmental Determinant of Heat Stress for Construction Workers. *Journal of Management in Engineering*, 29(4), 414-423. doi: 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000162
- Chan, A. P. C., Wen, Y. et Wong, F. K. W. (2016a). Evaluating the effectiveness and practicality of a cooling vest across four industries in Hong Kong. *Facilities*, 34(9-10), 511-534. doi: 10.1108/F-12-2014-0104
- Chan, A. P. C., Yam, M. C. H., Chung, J. W. Y. et Wen, Y. (2012a). Developing a heat stress model for construction workers. *Journal of Facilities Management*, 10(1), 59-74. doi: 10.1108/14725961211200405
- Chan, A. P. C. et Yang, Y. (2016). Practical on-site measurement of heat strain with the use of a perceptual strain index. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 89(2), 299-306. doi: 10.1007/s00420-015-1073-7
- Chan, A. P. C., Yang, Y., Wong, D. P., Lam, E. W. M. et Li, Y. (2013b). Factors affecting horticultural and cleaning workers' preference on cooling vests. *Building and Environment*, 66 181-189. doi: 10.1016/j.buildenv.2013.04.021
- Chan, A. P. C., Yang, Y., Wong, F. K., Chan, D. W. et Lam, E. W. J. C. I. (2015). Wearing comfort of two construction work uniforms. *Construction Innovation*, 15 (4), 473 - 492. doi: 10.1108/CI-06-2015-0037
- Chan, A. P. C., Yi, W., Wong, D. P., Yam, M. C. H. et Chan, D. W. M. (2012b). Determining an optimal recovery time for construction rebar workers after working to exhaustion in a hot and humid environment. *Building and Environment*, 58, 163-171. doi: 10.1016/j.buildenv.2012.07.006
- Chan, A. P. C., Zhang, Y., Wang, F., Wong, F. F. K. et Chan, D. W. M. (2017). A field study of the effectiveness and practicality of a novel hybrid personal cooling vest worn during rest in Hong Kong construction industry. *Journal of Thermal Biology*, 70(Pt A), 21-27. doi: 10.1016/j.jtherbio.2017.07.012
- Choi, J. W., Kim, M. J. et Lee, J. Y. (2008). Alleviation of heat strain by cooling different body areas during red pepper harvest work at WBGT 33 degrees C. *Industrial Health*, 46(6), 620-628. doi: 10.2486/indhealth.46.620
- Chou, C., Tochiara, Y. et Kim, T. (2008). Physiological and subjective responses to cooling devices on firefighting protective clothing. *European Journal of Applied Physiology & Occupational Physiology*, 104(2), 369-374. doi: 10.1007/s00421-007-0665-7
- CNESST. (2017). Sonnez l'alarme! Prévenez les coups de chaleur. *Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail*. Tiré de <https://www.cnesst.gouv.qc.ca/fr/organisation/documentation/formulaires-publications/affiche-sonnez-lalarme-prevenez-coups-chaleur>

- CNESST. (2019). Évaluer les risques d'un épisode de grande chaleur! *Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail*. Tiré de <https://www.cnesst.gouv.qc.ca/fr/salle-presse/communiqués/7-juin-2019-quebec>
- CNESST. (2020a). Travailler à la chaleur... Attention! *Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail*. Tiré de <https://www.cnesst.gouv.qc.ca/fr/organisation/documentation/formulaires-publications/travailler-chaleur>
- CNESST. (2020b). Travailler à la chaleur...Attention! Fiche complémentaire à l'intention des employeurs. *Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail*. Tiré de <https://www.cnesst.gouv.qc.ca/sites/default/files/publications/travailler-a-la-chaleur-fiche-complementaire-employeurs.pdf>
- CNESST. (2021). Santé en forêt. *Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail*. 2e édition. Tiré de <https://www.cnesst.gouv.qc.ca/fr/organisation/documentation/formulaires-publications/prevention-principaux-dangers-en-foret>
- Colburn, D., Suyama, J., Reis, S. E., Morley, J. L., Goss, F. L., Chen, Y. F., . . . Hostler, D. (2011). A comparison of cooling techniques in firefighters after a live burn evolution. *Prehospital Emergency Care, 15*(2), 226-232. doi: 10.3109/10903127.2010.545482
- Construction Industry Council Hong Kong. (2019). *Guidelines on Site Safety Measures for Working In Hot Weather*. Kowloon, Hong Kong: CIC Headquarters. Tiré de http://www.cic.hk/files/page/50/Guidelines%20on%20Site%20Safety%20Measures_Hot%20Weather%20V3_e.pdf
- CSSTO. (2009). *Guide de sensibilisation au stress dû à la chaleur*. Ottawa, ON: Conseil de la santé et de la sécurité au travail de l'Ontario. Tiré de <http://www.ohcow.on.ca/edit/files/heatstressawareness/heatstressguidefr.pdf>
- Cuddy, J. S., Gaskill, S. E., Sharkey, B. J., Harger, S. G. et Ruby, B. C. (2007). Supplemental feedings increase self-selected work output during wildfire suppression. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 39*(6), 1004-1012. doi: 10.1249/mss.0b013e318040b2fb
- Cuddy, J. S., Ham, J. A., Harger, S. G., Slivka, D. R. et Ruby, B. C. (2008). Effects of an electrolyte additive on hydration and drinking behavior during wildfire suppression. *Wilderness & Environmental Medicine, 19*(3), 172-180. doi: 10.1580/07-WEME-OR-114.1
- Cuddy, J. S. et Ruby, B. C. (2011). High Work Output Combined With High Ambient Temperatures Caused Heat Exhaustion in a Wildland Firefighter Despite High Fluid Intake. *Wilderness & Environmental Medicine, 22*(2), 122-125. doi: 10.1016/j.wem.2011.01.008
- Culp, K., Tonelli, S., Ramey, S. L., Donham, K. et Fuortes, L. (2011). Preventing heat-related illness among Hispanic farmworkers. *American Association of Occupational Health Nurses (AAOHN) Journal, 59*(1), 23-32. doi: 10.3928/08910162-20101228-01

- d'Ambrosio Alfano, F. R., Malchaire, J., Palella, B. I. et Riccio, G. (2014). WBGT index revisited after 60 years of use. *Annals of Occupational Hygiene*, 58(8), 955-970. doi: 10.1093/annhyg/meu050
- Daanen, H. A., Racinais, S. et Périard, J. D. (2018). Heat acclimation decay and re-induction: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 48(2), 409-430. doi: 10.1007/s40279-017-0808-x
- Dang, B., Dowell, C. H. et Mueller, C. (2011). *Heat Stress and Strain Evaluation Among Aluminum Potroom Employees – Texas* (Rapport n° 2006-0307-3139). Ohio, États-Unis: Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH. Tiré de <https://www.cdc.gov/niosh/hhe/reports/pdfs/2006-0307-3139.pdf>
- Davis, G. A., Edmisten, E. D., Thomas, R. E., Rummer, R. B. et Pascoe, D. D. (2001). Effects of ventilated safety helmets in a hot environment. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 27(5), 321-329. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/S0169-8141%2800%2900059-7>
- Dessureault, P. C. et Gressard, B. (2006). *Cueillette de données et vérification de la concordance entre la température de l'air corrigée et l'indice WBGT sous des ambiances thermiques extérieures* (Rapport n° R-476). Montréal, QC: IRSST. Tiré de <https://www.irsst.qc.ca/media/documents/PubIRSST/R-476.pdf?v=2020-09-12>
- Dessureault, P. C., Oupin, P. et Bourassa, M. (2014). *Pertinence et conditions d'utilisation des indices thermiques dans le contexte québécois* (Rapport n° R-824). Montréal, QC: IRSST. Tiré de <https://www.irsst.qc.ca/media/documents/PubIRSST/R-824.pdf?v=2020-09-03>
- Dessureault, P. C. et Tellier, A. (2008). *L'autosurveillance de l'astreinte thermique des jeunes travailleurs affectés à l'engrangement du foin* (Rapport n° R-580). Montréal, QC: IRSST. Tiré de <https://www.irsst.qc.ca/media/documents/PubIRSST/R-580.pdf?v=2020-06-19>
- Dillane, D. et Balanay, J. A. G. (2020). Comparison between OSHA-NIOSH heat safety tool app and WBGT monitor to assess heat stress risk in agriculture. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 17(4), 181-192. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/15459624.2020.1721512>
- Dubé, P. A., Imbeau, D., Dubeau, D. et Auger, I. (2019). Worker heat stress prevention and work metabolism estimation: comparing two assessment methods of the heart rate thermal component. *Ergonomics*, 62(8), 1066-1085. doi: 10.1080/00140139.2019.1588386
- Echt, A., Earnest, S., Garza, E. et Socias-Morales, C. (21 mai 2020). Heat Stress in Construction [Billet de blogue]. *Centers for Disease Control and Prevention-National Institute for Occupational Safety and Health Science Blog*. Tiré de <https://blogs.cdc.gov/niosh-science-blog/2020/05/21/heat-stress-construction/>
- Edirisinghe, R. et Jadhav, A. (2017). *Is the smart safety vest a brutal innovation? Evaluation of microclimate performance using a thermal manikin*. Communication présentée à 33rd

Annual Association of Researchers in Construction Management Conference, ARCOM 2017, du 4 au 6 septembre 2017 Cambridge, United kingdom (p. 734-744).

- El-Shafei, D. A., Bolbol, S. A., Awad Allah, M. B. et Abdelsalam, A. E. (2018). Exertional heat illness: knowledge and behavior among construction workers. *Environmental Science & Pollution Research*, 25(32), 32269-32276. doi: 10.1007/s11356-018-3211-8
- Epstein, Y. et Moran, D. S. (2006). Thermal comfort and the heat stress indices. *Industrial Health*, 44(3), 388-398.
- Espinoza, N. (2008). Can we stand the heat? Study reveals safety & performance implications of hydration, core body temperature & post-incident rehab. *Journal of Emergency Medical Services*, 33(5), 94-105. doi: 10.1016/s0197-2510(08)70194-3
- EU OSHA. (2008). *Les environnements chauds dans le secteur HORECA* (Rapport n° 27). Bilbao, Espagne: European Agency for Safety and Health at Work (EU OSHA). Tiré de <https://osha.europa.eu/en/publications/e-fact-27-hot-environments-horeca/view>
- Executive Housekeeping Today. (août 1993). Protecting employees in hot environments. *Exec Housekeep Today*, 14(8), 25, 27.
- Fleischer, N. L., Tiesman, H. M., Sumitani, J., Mize, T., Amarnath, K. K., Bayakly, A. R. et Murphy, M. W. (2013). Public Health Impact of Heat-Related Illness Among Migrant Farmworkers. *American Journal of Preventive Medicine*, 44(3), 199-206. doi: <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2012.10.020>
- Flouris, A. D., Ioannou, L. G., Dinas, P. C., Mantzios, K., Gkiata, P., Gkikas, G., . . . Agaliotis, G. (2019). *Assessment of occupational heat strain and mitigation strategies in Qatar- Summary of key findings from a report prepared by the FAME Laboratory for the International Labour Organization, the Qatar Ministry of Administrative Development, Labour and Social Affairs, and the Supreme Committee for Delivery and Legacy*. (Rapport n° FL/2019/13). Doha, Qatar: International Labour Organization. Tiré de https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---arabstates/---ro-beirut/documents/publication/wcms_723545.pdf
- Flouris, A. D., Ioannou, L. G., Tiago Sotto Mayor, T. S. et Hernandez, R. C. S. (2018). *Report on solutions to mitigate heat stress of construction sector workers*. Union européenne: HEAT-SHIELD Consortium. Tiré de <https://reterls.it/files/HEAT-SHIELD%20WP3%20Construction%20Report%20.pdf>
- Flouris, A. D., Tsoutsoubi, L., Ioannou, L. G., Vliora, M., Dallas, C. N., Mantzios, K., . . . Nybo, L. (2018). *Report on solutions to mitigate heat stress of tourism sector workers*. Union européenne: HEAT-SHIELD Consortium. Tiré de <https://www.heat-shield.eu/technical-reports>
- Fortin, C., Chiasson, M.-È. et Imbeau, D. (2008). *La charge physique de travail et l'astreinte physiologique sous contrainte thermique: comment les évaluer adéquatement ?* Communication présentée au 27e Congrès de l'Association québécoise pour l'hygiène, la santé et la sécurité du travail (AQHSST). Tiré de https://www.researchgate.net/publication/328028122_La_charge_physique_de_travail_e

t_l'astreinte_physiologique_sous_contrainte_thermique_comment_les_evaluer_adequatement

- Furtado, A. L., Craig, B. N., Chard, J. T., Zaloom, V. A. et Chu, H. W. (2007). Cooling suits, physiological response, and task performance in hot environments for the power industry. *International Journal of Occupational Safety & Ergonomics*, 13(3), 227-239. doi: 10.1080/10803548.2007.11076724
- Gao, C., Kuklane, K., Östergren, P. O. et Kjellstrom, T. (2018). Occupational heat stress assessment and protective strategies in the context of climate change. *International Journal of Biometeorology*, 62(3), 359-371. doi: 10.1007/s00484-017-1352-y
- Garzon-Villalba, X. P., Wu, Y., Ashley, C. D. et Bernard, T. E. (2017a). Ability to discriminate between sustainable and unsustainable heat stress exposures- Part 1: WBGT exposure limits. *Annals of Work Exposures And Health*, 61(6), 611-620. doi: 10.1093/annweh/wxx034
- Garzon-Villalba, X. P., Yougui, W., Ashley, C. D. et Bernard, T. E. (2017b). Ability to discriminate between sustainable and unsustainable heat stress exposures - Part 2 physiological indicators. *Annals of Work Exposures And Health*, 61(6), 621-632. doi: 10.1093/annweh/wxx035
- Giahi, O., Darvishi, E., Aliabadi, M. et Khoubi, J. (2016). The efficacy of radiant heat controls on workers' heat stress around the blast furnace of a steel industry. *Work*, 53(2), 293-298. doi: 10.3233/WOR-152104
- Giesbrecht, G. G., Jamieson, C. et Cahill, F. (2007). Cooling hyperthermic firefighters by immersing forearms and hands in 10 degree C and 20 degree C water. *Aviation Space and Environmental Medicine*, 78(6), 561-567.
- Gilewicz, P., Cichocka, A. et Frydrych, I. (2016). Underwear for protective clothing used by foundry worker. *Fibres Textiles in Eastern Europe*, 5(119), 96-99. doi: 10.5604/12303666.1215533
- Glaser, J., Hansson, E., Weiss, I., Wesseling, C., Jakobsson, K., Ekstrom, U., . . . Wegman, D. H. (2020). Preventing kidney injury among sugarcane workers: Promising evidence from enhanced workplace interventions. *Occupational and Environmental Medicine*, 77, 527-534. doi: 10.1136/oemed-2020-106406
- Gouvernement du Canada. (2020). Classification nationale des professions. Consulté le 2 mai 2021. Tiré de <https://noc.esdc.gc.ca/Accueil/Bienvenue/4c519d1d881642c5b039730374ae7de5>
- Grahn, D., Makam, M. et Heller, H. C. (2018). A method to reduce heat strain while clad in encapsulating outerwear. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 15(8), 573-579. doi: 10.1080/15459624.2018.1470635
- Gunga, H. C., Sandsund, M., Reinertsen, R. E., Sattler, F. et Koch, J. (2008). A non-invasive device to continuously determine heat strain in humans. *Journal of Thermal Biology*, 33(5), 297-307. doi: 10.1016/j.jtherbio.2008.03.004

- Guo, Y., Chan, A. P. C., Wong, F. K. W., Li, Y., Sun, S. et Han, X. (2019). Developing a hybrid cooling vest for combating heat stress in the construction industry. *Textile Research Journal*, 89(3), 254-269. doi: 10.1177/0040517517743685
- Havenith, G. et Fiala, D. (2016). Thermal indices and thermophysiological modeling for heat stress. *Comprehensive Physiology*, 6(1), 255-302. doi: 10.1002/cphy.c140051
- Hayashi, C. et Tokura, H. (2000). Improvement of thermophysiological stress in participants wearing protective clothing for spraying pesticide, and its application in the field. *International Archives of Occupational & Environmental Health*, 73(3), 187-194. doi: 10.1007/s004200050026
- Hemmatjo, R., Motamedzade, M., Aliabadi, M., Kalatpour, O. et Farhadian, M. (2017). The effect of practical cooling strategies on physiological response and cognitive function during simulated firefighting tasks. *Health Promotion Perspectives*, 7(2), 66-73. doi: 10.15171/hpp.2017.13
- Hilden, S. J. (2019). *The effect of vented helmets on heat stress during wildland firefighter simulation*. Communication présentée au University of Montana Conference on Undergraduate Research (UMCUR) 2019. Tiré de <https://scholarworks.umt.edu/umcur/2019/pm posters/18/>
- Holmer, I. (2010). Climate change and occupational heat stress: methods for assessment. *Global Health Action*, 3(1), 5719.
- Hostler, D., Bednez, J. C., Kerin, S., Reis, S. E., Kong, P. W., Morley, J., . . . Suyama, J. (2010b). Comparison of rehydration regimens for rehabilitation of firefighters performing heavy exercise in thermal protective clothing: a report from the Fireground Rehab Evaluation (FIRE) trial. *Prehospital Emergency Care*, 14(2), 194-201. doi: 10.3109/10903120903524963
- Hostler, D., Reis, S. E., Bednez, J. C., Kerin, S. et Suyama, J. (2010a). Comparison of active cooling devices with passive cooling for rehabilitation of firefighters performing exercise in thermal protective clothing: a report from the Fireground Rehab Evaluation (FIRE) trial. *Prehospital Emergency Care*, 14(3), 300-309. doi: 10.3109/10903121003770654
- House, J. R., Lunt, H. C., Taylor, R., Milligan, G., Lyons, J. A. et House, C. M. (2013). The impact of a phase-change cooling vest on heat strain and the effect of different cooling pack melting temperatures. *European Journal of Applied Physiology & Occupational Physiology*, 113(5), 1223-1231. doi: 10.1007/s00421-012-2534-2
- House, J. R. et Tipton, M. J. (2005). Heat strain is reduced at different rates with hand, foot, forearm or lower leg cooling. Dans Y. Tochihara et T. Ohnaka (Édit.), *Environmental Ergonomics: The Ergonomics of Human Comfort, Health and Performance in the Thermal Environment* (1^e éd., vol. 3, p. 91-95). Amsterdam, The Netherlands: Elsevier B.V.
- Hunt, A. P., Stewart, I. B. et Billing, D. C. (2019). Indices of physiological strain for firefighters of the Australian Defence Forces. *Journal of occupational environmental hygiene*, 16(11), 727-734. doi: 10.1080/15459624.2019.1666211

- Hwang, S. et Lee, S. (2017). Wristband-type wearable health devices to measure construction workers' physical demands. *Automation in Construction*, 83, 330-340. doi: 10.1016/j.autcon.2017.06.003
- Hwang, S., Seo, J., Jebelli, H. et Lee, S. (2016). Feasibility analysis of heart rate monitoring of construction workers using a photoplethysmography (PPG) sensor embedded in a wristband-type activity tracker. *Automation in Construction*, 71(Part 2), 372-381. doi: 10.1016/j.autcon.2016.08.029
- IHSA. (2019). Heat Stress. Dans *Construction health and safety manual* (p. 6-1, 6-11). Ontario: The Infrastructure Health and Safety Association.
- IRSST. (2019). Des outils pour éviter les coups de chaleur. Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail. Tiré de <https://www.irsst.qc.ca/prevenir-coup-chaleur-travail/accueil.aspx>
- Itani, M., Ghaddar, N., Ouahrani, D., Ghali, K. et Khater, B. (2018). An optimal two-bout strategy with phase change material cooling vests to improve comfort in hot environment. *Journal of Thermal Biology*, 72, 10-25. doi: 10.1016/j.jtherbio.2017.12.005
- Jacklitsch, B., Willilams, W. J., Musolin, K., Coca, A., Kim, J.-H. et Turner, N. (2016). *Criteria for a Recommended Standard: Occupational Exposure to Heat and Hot Environments*. (Rapport n° 2016-106). Cincinnati, OH, États-Unis: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH). Tiré de <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2016-106/default.html>
- Jackson, L. L. et Rosenberg, H. R. (2010). Preventing Heat-Related Illness Among Agricultural Workers. *Journal of Agromedicine*, 15(3), 200-215. doi: 10.1080/1059924x.2010.487021
- Johnson, J. K. (2013). *Evaluation of Four Portable Cooling Vests for Workers Wearing Gas Extraction Coveralls in Hot Environments*. (Mémoire de maîtrise, University of South Florida, Tampa, FL, États-Unis). Tiré de <http://scholarcommons.usf.edu/etd/4514>
- Kashiwagi, T., Kashimura, O. et Takahashi, H. (2011). Effects of heat acclimation states on thermoregulatory response during agricultural work in the heat. *Japanese Journal of Biometeorology*, 48(4), 111-117.
- Katica, C. P., Pritchett, R. C., Pritchett, K. L., Del Pozzi, A. T., Balilionis, G. et Burnham, T. (2011). Effects of Forearm vs. Leg Submersion in Work Tolerance Time in a Hot Environment While Wearing Firefighter Protective Clothing. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 8(8), 473-477. doi: 10.1080/15459624.2011.590743
- Kim, D.-H., Bae, G.-T. et Lee, J.-Y. (2020). A novel vest with dual functions for firefighters: combined effects of body cooling and cold fluid ingestion on the alleviation of heat strain. *Industrial Health*, 58(2), 91-106. doi: 10.2486/indhealth.2018-0205
- Kim, J.-H., Coca, A., Williams, W. J. et Roberge, R. J. (2011b). Subjective perceptions and ergonomics evaluation of a liquid cooled garment worn under protective ensemble during an intermittent treadmill exercise. *Ergonomics*, 54(7), 626-635. doi: 10.1080/00140139.2011.583362

- Kim, J.-H., Williams, W. J., Coca, A. et Yokota, M. (2013). Application of thermoregulatory modeling to predict core and skin temperatures in firefighters. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 43(1), 115-120. doi: 10.1016/j.ergon.2012.11.011
- Kim, J. H., Coca, A., Williams, W. J. et Roberge, R. J. (2011a). Effects of liquid cooling garments on recovery and performance time in individuals performing strenuous work wearing a firefighter ensemble. *Journal of Occupational & Environmental Hygiene*, 8(7), 409-416. doi: 10.1080/15459624.2011.584840
- Kim, S., Kim, D.-H., Lee, H.-H. et Lee, J.-Y. (2019). Frequency of firefighters' heat-related illness and its association with removing personal protective equipment and working hours *Industrial Health*, 57(3). doi: 10.2486/indhealth.2018-0063
- Kosuda, T., Nakajo, Y., Sasagawa, K., Nishikai, Y., Shimizu, S., Kumita, Y., . . . Hashimoto, N. (2019). *Development of a helmet-type wearable device capable of measuring perspiration during various activities*. Communication présentée à 2019 International Conference on Electronics Packaging (ICEP), Nigita, Japon (p. 138-143). doi: 10.23919/ICEP.2019.8733541
- Kuklane, K., Toma, R. et Lucas, R. A. I. (2020). Insulation and Evaporative Resistance of Clothing for Sugarcane Harvesters and Chemical Sprayers, and Their Application in PHS Model-Based Exposure Predictions. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(9), 3074. doi: 10.3390/ijerph17093074
- Kuwabara, K., Yamazaki, K., Suga, S., Kobayashi, K., Hamada, Y. et Takahashi, N. (2020). Effect of ventilated workwear and working schedule on physiological and psychological responses of construction workers, no. 2: Actual investigation at an active construction site. *Japan Architectural Review* 9. doi: 10.1002/2475-8876.12185
- Laing, R., Niven, B., Bevin, N., Matthews, M. et Wilson, C. (2006). High visibility, UVR protection and passive cooling integrated in workplace clothing. *Journal of Occupational Health Safety, Australia and New Zealand*, 22(6), 567-578.
- Laroudie, S. et Vuillaume, M. (2008). Apport de la cardiofréquencemétrie sur des chantiers de désamiantage sous contrainte thermique. *Documents pour le médecin du travail : DMT*, 116 513-520. Tiré de <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=TF%20176>
- Larranaga, M. D. et Bernard, T. E. (2011). Heat Stress. Dans V. E. Rose et B. Cohrssen (Édit.), *Patty's industrial hygiene* (6^e éd., p. 1685-1752). New Jersey, États-Unis: John Wiley & Sons, Inc.
- Larsen, B., Snow, R. et Aisbett, B. (2015). Effect of heat on firefighters' work performance and physiology. *Journal of Thermal Biology*, 53, 1-8. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtherbio.2015.07.008>
- Lee, J. Y., Kim, S., Jang, Y. J., Baek, Y. J. et Park, J. (2014). Component contribution of personal protective equipment to the alleviation of physiological strain in firefighters during work and recovery. *Ergonomics*, 57(7), 1068-1077. doi: 10.1080/00140139.2014.907449

- Lee, J. Y., Kim, S., Park, J. et Tochiara, Y. (2015). A real-time heat strain index using foot temperature and heart rate while wearing personal protective equipment in hot environments. *Extreme Physiology & Medicine*, 4, A104. doi: 10.1186/2046-7648-4-S1-A104
- Lin, S.-H., Boorady, L. M. et Chang, C.-P. (2016). Firefighter Hood for Cooling by Exploring Phase Change Materials. *International Textile and Apparel Association Annual Conference Proceedings*, 73(1).
- Lui, B., Cuddy, J. S., Hailes, W. S. et Ruby, B. C. (2014). Seasonal heat acclimatization in wildland firefighters. *Journal of Thermal Biology*, 45, 134-140. doi: 10.1016/j.jtherbio.2014.08.009
- Luque, J. S., Becker, A., Bossak, B. H., Grzywacz, J. G., Tovar-Aguilar, J. A. et Guo, Y. (2019). Knowledge and practices to avoid heat-related illness among Hispanic farmworkers along the Florida-Georgia line. *Journal of Agromedicine*, 25(2), 190-200. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/1059924X.2019.1670312>
- Mac, V. V. T., Hertzberg, V. et McCauley, L. A. (2019). Examining Agricultural Workplace Micro and Macroclimate Data Using Decision Tree Analysis to Determine Heat Illness Risk. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 61(2), 107-114. doi: 10.1097/jom.0000000000001484
- Mairiaux, P. et Malchaire, J. (1985). Workers self-pacing in hot conditions: a case study. *Applied Ergonomics*, 16(2), 85-90.
- Malchaire, J. (2004). Travail à la chaleur. *EMC-Toxicologie-Pathologie*, 1(3), 96-116. doi: 10.1016/j.emctp.2004.04.001
- Maley, M. J., Minett, G. M., Bach, A. J. E., Stewart, K. L. et Stewart, I. B. (2020). Extending work tolerance time in the heat in protective ensembles with pre- and per-cooling methods. *Applied Ergonomics*, 85: 103064. doi: 10.1016/j.apergo.2020.103064
- Marchand, D., Gauvin, C., Brian-Breton, A., Aubertin-Leheudre, M., Tessier, D. et Sadier, Y. (2015). *Évaluation de nouvelles technologies visant à réduire le stress thermophysique associé au port de vêtements individuels de protection pour les pompiers* (Rapport n° R-891). Montréal, QC: IRSST Tiré de <https://www.irsst.qc.ca/publications-et-outils/publication/i/100842/n/technologies-thermophysique-vetements-protection-pompiers>
- Maung, Z. et Tustin, A. W. (2020). The Heat Death Line: Proposed Heat Index Alert Threshold for Preventing Heat-Related Fatalities in the Civilian Workforce. *New Solutions*, 30(2), 138-145. doi: 10.1177/1048291120933819
- McCarthy, R. B., Shofer, F. S. et Green-McKenzie, J. (2019). Outcomes of a Heat Stress Awareness Program on Heat-Related Illness in Municipal Outdoor Workers. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 61(9), 724-728. doi: 10.1097/jom.0000000000001639
- McDonald, O. F., Shanks, N. J. et Fragu, L. (2008). Heat Stress Improving Safety In the Arabian Gulf Oil and Gas Industry. *Professional Safety*, 53(8).

- McKinnon, S. H. et Utley, R. (2005). Heat Stress: Understanding factors and measures helps SH&E professionals take a proactive management approach. *Professional Safety*, 50(4), 41-47.
- McLachlan, G. et Aenchbacher, R. (2002). A new approach for beating the heat. *Occupational Health & Safety*, 71(3), 81-104.
- McLellan, T. M. et Selkirk, G. A. (2004). Heat stress while wearing long pants or shorts under firefighting protective clothing. *Ergonomics*, 47(1), 75-90. doi: 10.1080/00140130310001611125
- McLellan, T. M. et Selkirk, G. A. (2006). The management of heat stress for the firefighter: A review of work conducted on behalf of the Toronto Fire Service. *Industrial Health*, 44(3), 414-426. doi: 10.2486/indhealth.44.414
- McQuerry, M., Barker, R. et DenHartog, E. (2018). Relationship between novel design modifications and heat stress relief in structural firefighters protective clothing. *Applied Ergonomics*, 70 260-268. doi: 10.1016/j.apergo.2018.03.004
- McTiffin, L. et Pethybridge, R. (1994). *Cold water immersion of the hands and feet for cooling hyperthermic individuals*. Communication présentée au Sixth International Conference on Environmental Ergonomics, Montebello, Canada, Montebello, Canada Tiré de <https://www.lboro.ac.uk/microsites/lids/EEC/ICEE/textsearch/1994/McTiffin-1994.pdf>
- Medina, T. J. (2004). *Physiological responses of men during the continuous use of a portable liquid cooling vest*. (Mémoire de maîtrise, University of South Florida, Tampa, FL, États-Unis). Tiré de <http://scholarcommons.usf.edu/etd/1157/>
- Meyer, J. P., Martinet, C., Payot, L., Didry, G. et Horvat, F. (2001). Évaluation de l'astreinte thermique à l'aide de la fréquence cardiaque. [Evaluating Heat Strain Using the Heart Rate]. 64(1), 29-44. doi: 10.3917/th.641.0029
- Meyer, J. P., Turpin-Legendre, E., Gingembre, L., Horvat, F. et Didry, G. (2014). Évaluation des astreintes thermiques à l'aide de la fréquence cardiaque: les extrapulsations cardiaques thermiques (EPCT). *Références en santé au travail*, 140, 83-94. Tiré de <http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=TM%2034>
- Miller, V. S. et Bates, G. P. (2007a). Hydration of outdoor workers in north-west Australia. *Journal of Occupational Health Safety, Australia and New Zealand*, 23(1), 79-84.
- Miller, V. S. et Bates, G. P. (2007b). The thermal work limit is a simple reliable heat index for the protection of workers in thermally stressful environments. *Annals of Occupational Hygiene*, 51(6), 553-561. doi: 10.1093/annhyg/mem035
- Miller, V. S., Bates, G. P., Schneider, J. D. et Thomsen, J. (2011). Self-Pacing as a Protective Mechanism against the Effects of Heat Stress. *Annals of Occupational Hygiene*, 55(5), 548-555. doi: 10.1093/annhyg/mer012
- Ministère de la Sécurité publique du Québec. (Mise à jour août 2007). *Guide des opérations à l'intention des services de sécurité incendie*. Québec, QC: Direction de la sécurité incendie, ministère de la Sécurité publique. Tiré de

<https://www.securitepublique.gouv.qc.ca/securite-incendie/publications-et-statistiques/guide-operations-incendie.html>

- Miura, K., Takagi, K. et Ikematsu, K. (2017). Evaluation of two cooling devices for construction workers by a thermal manikin. *Fashion Textiles*, 4(1), 23. doi: 10.1186/s40691-017-0108-y
- Montazer, S., Farshad, A. A., Monazzam, M. R., Eyvazlou, M., Yaraghi, A. A. S. et Mirkazemi, R. (2013). Assessment of construction workers' hydration status using urine specific gravity. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 26(5), 762-769. doi: 10.2478/s13382-013-0143-x
- Morabito, M., Messeri, A., Crisci, A., Bao, J. Z., Ma, R., Orlandini, S., . . . Kjellstrom, T. (2020). Heat-related productivity loss: benefits derived by working in the shade or work-time shifting. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 70(3), 507-525. doi: 10.1108/ijppm-10-2019-0500
- Moran, D. S., Pandolf, K. B., Epstein, Y., Heled, Y., Shapiro, Y. et Gonzalez, R. R. (2005). Validation of the environmental stress index (ESI) for physiological variables. Dans Y. Tochihara et T. Ohnaka (Édit.), *Environmental Ergonomics - The Ergonomics of Human Comfort, Health, and Performance in the Thermal Environment* (vol. 3, p. 495-501). Oxford, Angleterre: Elsevier Ltd.
- Moran, D. S., Pandolf, K. B., Shapiro, Y., Heled, Y., Shani, Y., Mathew, W. et Gonzalez, R. (2001). An environmental stress index (ESI) as a substitute for the wet bulb globe temperature (WBGT). *Journal of thermal biology*, 26(4-5), 427-431. doi: 10.1016/S0306-4565(01)00055-9
- Moran, D. S., Shitzer, A. et Pandolf, K. B. (1998). A physiological strain index to evaluate heat stress. *American Journal of Physiology*, 275(1), R129-R134. doi: 10.1152/ajpregu.1998.275.1.R129
- Moretti, S. (2018). *Guide d'évaluation de la mise en place de mesures préventives contre le coup de chaleur*. Longueuil, QC: Direction de la santé publique, Agence de la santé et des services sociaux de la Montérégie. Tiré de <https://www.apsam.com/sites/default/files/docs/clienteles/pompiers/guide-chaleur-pompiers.pdf>
- Morris, N. B., Kjellstrom, T., Ioannou, L. G., Gao, C., Morabito, M., Messeri, A., . . . Flouris, A. D. (2018). *Report on solutions to mitigate heat stress for workers of the agricultural sector*. Union européenne: HEAT-SHIELD Consortium. Tiré de <https://www.heat-shield.eu/>
- Moyce, S., Mitchell, D., Vega, A. et Schenker, M. (2020). Hydration Choices, Sugary Beverages, and Kidney Injury in Agricultural Workers in California. *Journal of Nursing Scholarship*, 52(4), 369-378. doi: 10.1111/jnu.12561
- Nakamura, D., Muraishi, K., Hasegawa, H., Yasumatsu, M. et Takahashi, H. (2020). Effect of a cooling strategy combining forearm water immersion and a low dose of ice slurry ingestion on physiological response and subsequent exercise performance in the heat. *Journal of Thermal Biology*, 89 : 102530. doi: 10.1016/j.jtherbio.2020.102530

- NEHC. (2007). *Prevention and Treatment of Heat and Cold Stress Injuries* (Rapport n° NEHC-TM-OEM 6260.6A). Portsmouth, VA, États-Unis: Navy Environmental Health Centre (NEHC). Tiré de <https://www.med.navy.mil/sites/nmcphc/Documents/policy-and-instruction/oem-prevention-and-treatment-of-heat-and-cold-stress-injuries.pdf>
- NIOSH. (2015). Hierarchy of controls. The National Institute for Occupational Safety and Health. Dernière mise à jour le 13 janvier 2015. Tiré de <https://www.cdc.gov/niosh/topics/hierarchy/>
- Notley, S. R., Flouris, A. D. et Kenny, G. P. (2018). On the use of wearable physiological monitors to assess heat strain during occupational heat stress. *Applied Physiology Nutrition and Metabolism*, 43(9), 869-881. doi: 10.1139/apnm-2018-0173
- Notley, S. R., Flouris, A. D. et Kenny, G. P. (2019). Occupational heat stress management: Does one size fit all? *American Journal of Industrial Medicine*, 62(12), 1017-1023. doi: 10.1002/ajim.22961
- Novak, P., Babjak, J. et Kot, T. (2016). Thermal Exposure Monitoring of Firefighters. *MM Science Journal*(November 2016), 1482-1486. doi: 10.17973/MMSJ.2016_11_2016165
- OSHA. (2011). A Heat Safety Illustrated, Low-Literacy Fact Sheet (Construction/Agriculture). Occupational Safety and Health Administration - U.S. Department of Labor. Tiré de [https://www.osha.gov/publications/bytopic/heat-illness-prevention-\(outdoor-workers\)](https://www.osha.gov/publications/bytopic/heat-illness-prevention-(outdoor-workers))
- OSHA. (2017). Heat Stress. Occupational Safety and Health Administration (OSHA) Technical Manual. Section III: Chapitre 4. Tiré de https://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_iii/otm_iii_4.html#acclimatization
- Pérez-Alonso, J., Callejón-Ferre, Á. J., Carreño-Ortega, Á. et Sánchez-Hermosilla, J. (2011). Approach to the evaluation of the thermal work environment in the greenhouse-construction industry of SE Spain. *Building and Environment*, 46(8), 1725-1734. doi: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.02.014>
- Prieto, E. (2018). *Ability of the ISO Predicted Heat Strain Method to Predict a Limiting Heat Stress Exposure*. (Mémoire de maîtrise, University of South Florida, Tampa, FL, États-Unis). (10838779). Tiré de <https://digitalcommons.usf.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=8549&context=etd>
- Pryor, R. R., Suyama, J., Guyette, F. X., Reis, S. E. et Hostler, D. (2015). The effects of ice slurry ingestion before exertion in Wildland firefighting gear. *Prehospital Emergency Care*, 19(2), 241-246. doi: 10.3109/10903127.2014.959221
- Raines, J., Snow, R., Nichols, D. et Aisbett, B. (2015). Fluid intake, hydration, work physiology of wildfire fighters working in the heat over consecutive days. *Annals of Occupational Hygiene*, 59(5), 554-565. doi: 10.1093/annhyg/meu113
- Raines, J., Snow, R., Petersen, A., Harvey, J. G., Nichols, D. et Aisbett, B. (2012). Pre-shift fluid intake: Effect on physiology, work and drinking during emergency wildfire fighting. *Applied Ergonomics*, 43(3), 532-540. doi: 10.1016/j.apergo.2011.08.007
- Ramsey, J. D., Musolin, K., Ceballos, D., Wiegand, D. M. et Mead, K. (2014). *Evaluation of Ergonomic Risk Factors, Thermal Exposures, and Job Stress at an Airline Catering*

Facility (Rapport n° 2011-0131-3221). Cincinnati, OH, États-Unis: Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health Tiré de
<https://www.cdc.gov/niosh/hhe/reports/pdfs/2011-0131-3221.pdf>

Règlement sur la santé et la sécurité du travail. (2021). Chapitre S-2.1, r. 13, Annexe V - À jour au 15 avril 2021

Robert, L., Turpin-Legendre, E., Shettle, J., Tissot, C., Aubry, C. et Siano, B. (2019). Travailler dans une ambiance thermique chaude. *Références en santé au travail*(158), 31-55. Tiré de
<http://www.inrs.fr/dms/inrs/GenerationPDF/accueil/risques/chaleur/Travail%20%C3%A0%20la%20chaleur.pdf>

Rowlinson, S. et Jia, Y. A. (2014). Application of the Predicted Heat Strain Model in Development of Localized, Threshold-based Heat Stress Management Guidelines for the Construction Industry. *Annals of Occupational Hygiene*, 58(3), 326-339. doi: 10.1093/annhyg/met070

Rowlinson, S., YunyanJia, A., Li, B. Z. et ChuanjingJu, C. (2014). Management of climatic heat stress risk in construction: A review of practices, methodologies, and future research. *Accident Analysis and Prevention*, 66 187-198. doi: 10.1016/j.aap.2013.08.011

Selkirk, G. A. et McLellan, T. M. (2001). Influence of aerobic fitness and body fatness on tolerance to uncompensable heat stress. *Journal of Applied Physiology*, 91(5), 2055-2063. doi: 10.1152/jappl.2001.91.5.2055

Selkirk, G. A., McLellan, T. M. et Wong, J. (2004). Active versus passive cooling during work in warm environments while wearing firefighting protective clothing. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 1(8), 521-531. doi: 10.1080/15459620490475216

Selkirk, G. A., McLellan, T. M. et Wong, J. (2006). The impact of various rehydration volumes for firefighters wearing protective clothing in warm environments. *Ergonomics*, 49(4), 418-433. doi: 10.1080/00140130600558007

Shirish, A., Kapadia, V., Kumar, S., Mishra, S. et Singh, G. (2016). Effectiveness of a cooling jacket with reference to physiological responses in iron foundry workers. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 22(4), 487-493. doi: 10.1080/10803548.2016.1181484

Smith, D. J., Ferranti, E. P., Hertzberg, V. S. et Mac, V. (2020). Knowledge of Heat-Related Illness First Aid and Self-Reported Hydration and Heat-Related Illness Symptoms in Migrant Farmworkers. *Workplace Health & Safety*, 69(1). doi: 10.1177/2165079920934478

Smolander, J., Kuklane, K., Gavhed, D., Nilsson, H. et Holmer, I. (2004). Effectiveness of a light-weight ice-vest for body cooling while wearing fire fighter's protective clothing in the heat. *International Journal of Occupational Safety & Ergonomics*, 10(2), 111-117. doi: 10.1080/10803548.2004.11076599

- SSAWC. (2020). Do – control measures. *Sun Safety at Work Canada*. Tiré de <https://sunsafetyatwork.ca/do-control-measures>
- Statistiques Canada. (2020). Produits de données, Recensement de 2016 Dernière date de modification lors de la consultation du document : le 15 avril 2020. Tiré de <https://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2016/dp-pd/index-fra.cfm>
- Stoecklin-Marois, M., Hennessy-Burt, T., Mitchell, D. et Schenker, M. (2013). Heat-related Illness Knowledge and Practices among California Hired Farm Workers in The MICASA Study. *Industrial Health*, 51(1), 47-55. doi: 10.2486/indhealth.2012-0128
- Takebayashi, H., Misaka, I. et Akagawa, H. (2020). Adaptation measures and their performance. Dans H. Takebayashi et M. Moriyama (Édit.), *Adaptation Measures for Urban Heat Islands* (1^e éd., p. 9-37). Cambridge, États-Unis: Academic Press, Elsevier.
- Takeda, R., Imai, D., Kawai, E., Ota, A., Saho, K., Morita, E., . . . Hayashi, H. (2019). Heat Acclimation Program for Firefighters Reduced Heat Stress and Improved Thermal Sensation and Thermal Comfort during Exercise Wearing a Firefighting Suit. *THE FASEB Journal*, 33(1_supplement), 842.842-842.842. doi: 10.1096/fasebj.2019.33.1_supplement.842.2
- Tigchelaar, M., Battisti, D. et Spector, J. (2020). Work adaptations insufficient to address growing heat risk for U.S. agricultural workers. *Environmental Research Letters*, 15(9), 094035. doi: 10.1088/1748-9326/ab86f4
- Tikuisis, P., McLellan, T. et Selkirk, G. (2002). Perceptual versus physiological heat strain during exercise-heat stress. *Medicine Science in Sports Exercise*, 34(9), 1454-1461. doi: 10.1249/01.mss.0000027764.43430.fe
- Turcotte, A. (2006). *Contrainte thermique - Théorie et application du contrôle de la température à un poste chaud*. . Communication présentée au Congrès AQHSST 2006, Québec, QC. Tiré de <https://www.congresaqhsst.ca/archives-congres/archives/2006/contrainte-thermique-TurcotteA.pdf>
- Turpin-Legendre, E. et Meyer, J. (2012). Intérêt des mesures physiologiques et subjectives pour quantifier l'astreinte thermique: Cas particulier du port de combinaisons étanches. *Références en santé au travail*(131), 19-32. Tiré de <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=TC%20141>
- Uejio, C. K., Jung, J., Morano, L. H., Kintziger, K., Jagger, M., Chalmers, J. et Holmes, T. (2018). Occupational heat exposure among municipal workers. *International Archives of Occupational & Environmental Health*, 91(6), 705-715. doi: 10.1007/s00420-018-1318-3
- Ueno, S., Sakakibara, Y., Hisanaga, N., Oka, T. et Yamaguchi-Sekino, S. (2018). Heat Strain and Hydration of Japanese Construction Workers during Work in Summer. *Annals of Work Exposures & Health*, 62(5), 571-582. doi: 10.1093/annweh/wxy012
- Uher, I., Cimboláková, I. et Kaško, D. (2018). Preventive Measures of Heat Disorder in the Workplace. Dans M. Pillay et M. Tuck (Édit.), *Occupational Health and Safety: A Multi-Regional Perspective* (vol. Chapitre 2, p. 23-38). Londres, Royaume-Uni/Rijeka, Croatia: IntechOpen.

- UIT. (2016). Présentation générale de l'Internet des objets, Réseaux de prochaine génération – Cadre général et modèles architecturaux fonctionnels. Union internationale des télécommunications. Tiré de https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-Y.2060-201206-!!!PDF-F&type=items)
- UPA. (2020). Coup de chaleur, liste de vérification et procédure. Union des producteurs agricoles. Tiré de <https://www.santesecurite.upa.qc.ca/wp-content/uploads/2020/03/Proc%C3%A9dure-Coup-de-chaleur.pdf>
- Vega-Arroyo, A. J., Mitchell, D. C., Castro, J. R., Armitage, T. L., Tancredi, D. J., Bennett, D. H. et Schenker, M. B. (2019). Impacts of weather, work rate, hydration, and clothing in heat-related illness in California farmworkers. *American Journal of Industrial Medicine*, 62(12), 1038-1046. doi: 10.1002/ajim.22973
- Vukadinovic, A. et Radosavljevic, J. (2020). *Occupational safety and health of construction workers working in extreme temperatures*. Communication présentée au 15th International conference Risk and safety engineering, Kopaonik, Serbie. Tiré de https://www.researchgate.net/publication/340061976_OCCUPATIONAL_SAFETY_AND_HEALTH_OF_CONSTRUCTION_WORKERS_WORKING_IN_EXTREME_TEMPERATURES
- Walker, A., Argus, C., Driller, M. et Rattray, B. (2015). Repeat work bouts increase thermal strain for Australian firefighters working in the heat. *International Journal of Occupational & Environmental Health*, 21(4), 285-293. doi: 10.1179/2049396715y.0000000006
- Walker, A., Beatty, H. E. W., Zanetti, S. et Rattray, B. (2017). Improving Body Composition May Reduce the Immune and Inflammatory Responses of Firefighters Working in the Heat. *Journal of Occupational & Environmental Medicine*, 59(4), 377-383. doi: 10.1097/JOM.0000000000000980
- Walker, A., Driller, M., Brearley, M., Argus, C. et Rattray, B. (2014). Cold-water immersion and iced-slush ingestion are effective at cooling firefighters following a simulated search and rescue task in a hot environment. *Applied Physiology Nutrition and Metabolism*, 39(10), 1159-1166. doi: 10.1139/apnm-2014-0038
- Wang, F., Gao, C., Kuklane, K. et Holmer, I. (2013). Effects of various protective clothing and thermal environments on heat strain of unacclimated men: the PHS (predicted heat strain) model revisited. *Industrial Health*, 51(3), 266-274. doi: 10.2486/indhealth.2012-0073
- Wang, S. W., Richardson, M. B., Wu, C. Y. H., Cholewa, C. D., Lungu, C. T., Zaitchik, B. F. et Gohlke, J. M. (2019). Estimating Occupational Heat Exposure From Personal Sampling of Public Works Employees in Birmingham, Alabama. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 61(6), 518-524. doi: 10.1097/jom.0000000000001604
- Watkins, E. R., Gibbons, J., Dellas, Y., Hayes, M., Watt, P. et Richardson, A. J. (2018a). A new occupational heat tolerance test: A feasibility study. *Journal of Thermal Biology*, 78 42-50. doi: 10.1016/j.jtherbio.2018.09.001

- Watkins, E. R., Hayes, M., Watt, P. et Richardson, A. J. (2018b). Practical pre-cooling methods for occupational heat exposure. *Applied Ergonomics*, 70 26-33. doi: 10.1016/j.apergo.2018.01.011
- Wegman, D. H., Apelqvist, J., Bottai, M., Ekström, U., García-Trabanino, R., Glaser, J., . . . Bodin, T. (2018). Intervention to diminish dehydration and kidney damage among sugarcane workers. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 44(1), 16-24. doi: 10.5271/sjweh.3659
- West, M. R., Costello, S., Sol, J. A. et Domitrovich, J. W. (2020). Risk for heat-related illness among wildland firefighters: Job tasks and core body temperature change. *Occupational and Environmental Medicine*, (no pagination)(106186). doi: <http://dx.doi.org/10.1136/oemed-2019-106186>
- Yabuki, N., Onoue, T., Fukuda, T. et Yoshida, S. (2013). A heatstroke prediction and prevention system for outdoor construction workers. *Visualization in Engineering*, 1(1), 11.
- Yang, Y. et Chan, A. P. C. (2017a). Heat stress intervention research in construction: gaps and recommendations. *Industrial Health*, 55(3), 201-209. doi: 10.2486/indhealth.2016-0047
- Yang, Y. et Chan, A. P. C. (2017b). Role of work uniform in alleviating perceptual strain among construction workers. *Industrial Health*, 55(1), 76-86.
- Yasmeen, S., Liu, H., Wu, Y. et Li, B. (2020). Physiological responses of acclimatized construction workers during different work patterns in a hot and humid subtropical area of China. *Journal of Building Engineering*, 30 101281. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2020.101281>
- Yeargin, S., McKenzie, A. L., Eberman, L. E., Kingsley, J. D., Dziedzicki, D. J. et Yoder, P. (2016). Physiological and perceived effects of forearm or head cooling during simulated firefighting activity and rehabilitation. *Journal of Athletic Training*, 51(11), 927-935.
- Yi, W. et Chan, A. P. (2015). Optimal work pattern for construction workers in hot weather: a case study in Hong Kong. *Journal of computing in civil engineering*, 29(5), 05014009.
- Yi, W. et Chan, A. P. C. (2013). Optimizing work–rest schedule for construction rebar workers in hot and humid environment. *Building and Environment*, 61 104-113. doi: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.12.012>
- Yi, W., Chan, A. P. C., Wang, X. Y. et Wang, J. (2016). Development of an early-warning system for site work in hot and humid environments: A case study. *Automation in Construction*, 62 101-113. doi: 10.1016/j.autcon.2015.11.003
- Yi, W., Zhao, Y. J., Chan, A. P. C. et Lam, E. W. M. (2017). Optimal cooling intervention for construction workers in a hot and humid environment. *Building and Environment*, 118 91-100. doi: 10.1016/j.buildenv.2017.03.032
- Zahid, B., Al-Dirini, O., Al Jubury, A. R. et Bahri, Z. (2018). *Smart Assistive System for Laborers*. Communication présentée à Smart Cities Symposium 2018, 22-23 Avril 2018, Stevenage, UK (p. 5).

- Zhang, Y., Bishop, P. A., Casaru, C. et Davis, J. K. (2009). A new hand-cooling device to enhance firefighter heat strain recovery. *Journal of Occupational & Environmental Hygiene*, 6(5), 283-288. doi: 10.1080/15459620902790277
- Zhang, Z., Chen, F., Yang, S., Ai, Z., Cao, Z. et Mo, Q. (2020). *Study on Temperature Control of Ventilation System in Construction Period of High Ground Temperature Tunnel*. Communication présentée à International Conference on Road Tunnel Safety and Risk Prevention and Control (ICRTSR-2019), 5-8 Dec. 2019, UK (vol. 741, p. 012100 (012106 pp.)). doi: 10.1088/1757-899X/741/1/012100
- Zhao, Y., Yi, W., Chan, A. P. C. et Wong, D. P. (2018). Impacts of cooling intervention on the heat strain attenuation of construction workers. *International Journal of Biometeorology*, 62(9), 1625-1634. doi: 10.1007/s00484-018-1562-y
- Zhao, Y. J., Yi, W., Chan, A. P. C., Wong, F. K. W. et Yam, M. C. H. (2017). Evaluating the Physiological and Perceptual Responses of Wearing a Newly Designed Cooling Vest for Construction Workers. *Annals of Work Exposures And Health*, 61(7), 883-901. doi: 10.1093/annweh/wxx055

ANNEXE A - ÉQUATIONS DE RECHERCHE

A.1 ÉQUATIONS DE RECHERCHE UTILISÉES POUR INTERROGER LES DIFFÉRENTES BASES DE DONNÉES BIBLIOGRAPHIQUES

Base de données	Équation
CAB Abstracts (CABI)	<p>(“climate change” OR “global warming” OR heat OR “extreme temperature” OR “hot temperature” OR “heat wave*” OR “heatwave*” OR “urban heat island**”) AND (worker* OR workplace* OR occupation* OR employ* OR job*) AND (health OR “occupational health” OR “occupational exposure” OR “occupational disease*” OR “occupational stress” OR “job stress” OR “job-related stress” OR “occupational accident*” OR “occupational injury” OR “occupational injuries” OR “occupational hazard*” OR “heat-related illness*” OR “heat stress” OR “heat-related stress” OR “heat injury” OR “heat injuries” OR “heat-related injury” OR “heat-related injuries” OR “heat disorder*” OR “heat-related disorder*” OR “heat exhaustion” OR “heat-related exhaustion” OR “heat-related stroke” OR “heat stroke”) AND (protect* OR prevent* OR adapt* OR mitigat* OR manage* OR reduc* OR adjust* OR control* OR “health risk* mitigation” OR “health risk* management” OR “heat stress management” OR “heat stress mitigation” OR “heat stress reduction” OR “heat stress prevention” OR “heat stress control*”)</p>
CINHAL (EBSCO)	<p>((MM “Temperature”) OR (MM “Heat”) OR (MM “Climate Change”) OR (MM “Greenhouse Effect”) OR “climate change” OR “global warming” OR heat OR “hot temperature” OR “extreme temperature” OR “heat wave*” OR “heatwave*” OR “urban heat island**”) AND ((MM”Work”) OR (MM”Work Environment+”) OR (MM”Occupations and Professions”) OR Work* OR worker* OR Occupation OR Workplace* OR job* OR Employ*) AND ((MM “Health and Disease+”) OR (MM “Occupational Health+”) OR (MM “Occupational Hazards+”) OR (MM “Stress, Occupational+”) OR (MM “Injury, Occupational Disease, Poisoning+”) OR (MM “Occupational Diseases+”) OR (MM “Occupational Exposure”) OR (MM “Accidents, Occupational+”) OR (MM “Heat Stress Disorders+”) OR (MH “Heat Exhaustion”) OR (MH “Heat Stroke”) OR health OR “occupational health” OR “occupational disease*” OR “occupational exposure” OR “occupational stress” OR “job stress” OR “job-related stress” OR “occupational injury” OR “occupational injuries” OR “occupational accident*” OR “occupational disorder*” OR “occupational hazard*” OR “heat illness*” OR “heat-related illness*” OR “heat injury” OR “heat-related injury” OR “heat injuries” OR “heat-related injuries” OR “heat stress” OR “heat-related stress” OR “heat disorder*” OR “heat-related disorder*” OR “heat exhaustion” OR “heat-related exhaustion” OR “heat stroke” OR “heat-related stroke”) AND (protect* OR adapt* OR prevent* OR mitigat* OR manage* OR reduc* OR adjust* OR control* OR “health risk* mitigation” OR “health risk* management” OR “heat stress management” OR “heat stress mitigation” OR “heat stress reduction” OR “heat stress prevention” OR “heat stress control*”)</p>
Embase	<p>(Exp climate change/ OR Exp greenhouse effect/ OR Exp heat/ OR Exp high temperature/ OR “climate change” OR “global warming” OR heat OR “extreme heat” OR “hot temperature” OR “extreme temperature” OR “urban heat island**” OR “heat wave*” OR “heatwave*”) AND (Exp worker/ OR Exp work/ OR Exp</p>

occupation/ OR Exp workplace/ OR Exp labor/ OR work* OR occupation* OR “workplace*” OR job* OR labour OR labor OR employ*) **AND** (Exp Health/ OR Exp Occupational Health/ OR Exp Occupational Disease/ OR Exp Occupational Diseases/ OR Exp Occupational Exposure/ OR Exp Job stress/ OR Exp Occupational Accident/ OR Exp Heat Injury/ OR Exp Heat Exhaustion/ OR Exp Heat Stroke/ OR Exp Heat Stress/) OR health OR “occupational health” OR “occupational disease*” OR “occupational exposure” OR “occupational stress” OR “job stress” OR “job-related stress” OR “occupational injury” OR “occupational injuries” OR “occupational accident*” OR “occupational hazard*” OR “heat-related illness*” OR “heat illness*” or “heat injuries” or “heat-related injuries” OR “heat injury” OR “heat-related injury” OR “heat stress” OR “heat-related stress” OR “heat disorder*” OR “heat-related disorder*” OR “heat exhaustion” OR “heat-related exhaustion” OR “heat stroke” OR “heat-related stroke”) **AND** (Exp protection/ OR Exp prevention/ OR Exp adaptation/ OR Exp management/ OR Exp adjustment/ OR Exp control/ OR Exp risk management/ OR Exp risk evaluation and mitigation strategy/ OR Exp risk reduction/) OR (protect* OR adapt* OR prevent* OR mitigat* OR manage* OR reduc* OR adjust* OR control* OR “health risk* mitigation” OR “health risk* management” OR “heat stress mitigation” OR “heat stress reduction” OR “heat stress management” OR “heat stress prevention” OR “heat stress control”*)

**Engineering Village
(Compendex,
Inspec et Geobase)**

(((((HEATWAVE) WN CV) OR ((CLIMATE CHANGE) WN CV) OR ((GLOBAL WARMING) WN CV) OR ((HEAT) WN CV) OR ((EXTREME TEMPERATURE) WN CV) OR ((EXTREME TEMPERATURES) WN CV) OR ((URBAN HEAT ISLAND) WN CV) OR ((URBAN HEAT ISLANDS) WN CV))) AND (1980-2020 WN YR)) OR ((heatwave* OR “Climate change” OR “Global warming” OR Heat OR “Extreme heat” OR “Hot temperature” OR “Extreme temperature” OR “Heat wave*” OR Heatwave* OR “Urban heat island*”) AND (1980-2020 WN YR))) **AND** (((((WORKER) WN CV) OR ((WORKERS) WN CV) OR ((WORKPLACE) WN CV) OR ((JOB) WN CV) OR ({JOBS) WN CV) OR ((LABOR) WN CV) OR ((LABOUR) WN CV)) AND (1980-2020 WN YR)) OR ((Work* OR worker* OR Occupation OR Workplace* OR job* OR Labour OR Labor) AND (1980-2020 WN YR))) **AND** (((((HEALTH AND SAFETY) WN CV) OR ((HEALTH) WN CV) OR ((OCCUPATIONAL HEALTH) WN CV) OR ((OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY) WN CV) OR ((OCCUPATIONAL ACCIDENT) WN CV) OR ((OCCUPATIONAL ACCIDENTS) WN CV) OR ((OCCUPATIONAL DISEASE) WN CV) OR ((OCCUPATIONAL DISEASES) WN CV) OR ((OCCUPATIONAL EXPOSURE) WN CV) OR ((OCCUPATIONAL INJURY) WN CV) OR ((OCCUPATIONAL STRESS) WN CV) OR ((HEAT STRESS) WN CV) OR ((HEAT STRESSES) WN CV) OR ((HEAT EXHAUSTION) WN CV) OR ((HEAT STROKE) WN CV)) AND (1980-2020 WN YR)) OR ((Health OR “Occupational health” OR “Occupational disease*” OR “Occupational exposure” OR “Occupational stress” OR “Job stress” OR “Occupational injury” OR “Occupational injuries” OR “Occupational accident*” OR “Occupational disorder*” OR “Heat-related illness*” OR “Heat injury” OR “heat injuries” OR “Heat stress” OR “heat disorder*” OR “Heat exhaustion” OR “heat stroke”) AND (1980-2020 WN YR))) **AND** ((protect* OR adapt* OR prevent* OR mitigat* OR manage* OR reduc* OR adjust* OR control* OR “health risk* mitigation” OR “health risk* management” OR “heat stress management” OR “heat stress

	mitigation" OR "heat stress reduction" OR "heat disorder* management" OR "heat disorder* reduction" OR "heat disorder* mitigation") AND (1980-2020 WN YR))
Global Health	("climate change" OR "global warming" OR heat OR "hot temperature" OR "heat wave*" OR "heatwave*" OR "extreme temperature" OR "urban heat island*") AND (work* OR occupation* OR workplace* OR job OR labor* OR labour OR employ*) AND (health OR "occupational health" OR "occupational disease*" OR "occupational exposure" OR "occupational stress" OR "occupational injury" OR "occupational injuries" OR "occupational accident*" OR "occupational disorder*" OR "job stress" OR "job-related stress" OR "heat-related illness*" OR "heat-related disorder*" OR "heat-related injury" OR "heat-related injuries" OR "heat-related stress" OR "heat-related exhaustion" OR "heat-related stroke" OR "heat stress" OR "heat injury" OR "heat injuries" OR "heat disorder*" OR "heat exhaustion" OR "heat stroke" OR "heat illness*") AND (protect* OR adapt* OR prevent* OR mitigat* OR manage* OR reduc* OR adjust OR control* OR "health risk* mitigation" OR "health risk* management" OR "heat stress mitigation" OR "heat stress reduction" OR "heat stress management" OR "heat stress prevention" OR "heat stress control*")
LISSa	(« troubles dus à la chaleur » OU « épuisement dû la chaleur » OU « trouble de la température » OU « coup de chaleur ») ET (« maladies professionnelles » OU « santé au travail » OU « lieu de travail » OU « accidents du travail »)
MEDLINE®	(Exp Global Warming/ OR Exp Climate Change/OR Exp Hot Temperature/ OR Exp Extreme Heat/ OR "Global Warming" OR "Climate Change" OR Heat OR "Hot Temperature" OR "Extreme Temperature" OR "Urban Heat Island*" OR "Heat Wave*" OR Heatwave*) AND (exp Work/ OR Exp Occupations/ OR Exp Workplace/ OR Exp Employment/ OR work* OR workplace* OR labour OR labor* OR occupation* OR job* OR employ*) AND (Exp Health/ OR Exp Accidents, Occupational/ OR Exp Occupational Health/ OR Exp Occupational Diseases/ OR Exp Occupational Stress/ OR Exp Occupational Injuries/ OR Exp Occupational Exposure/ OR Exp Heat Exhaustion/ OR Exp Heat Stroke/ OR Health OR "occupational health" OR "occupational exposure" OR "occupational disease*" OR "occupational stress" OR "occupational injury" OR "occupational injuries" OR "occupational disorder*" OR "occupational accident*" OR "occupational hazard*" OR "heat-related illness*" OR "heat illness*" OR "heat stress" OR "heat-related stress" OR "heat disorder*" OR "heat-related disorder*" OR "heat exhaustion" OR "heat-related exhaustion" OR "heat stroke" OR "heat-related stroke" OR "heat injury" OR "heat-related injury" OR "heat injuries" OR "heat-related injuries" OR "job stress" OR "job-related stress") AND (protect* OR adapt* OR prevent* OR mitigat* OR manage* OR reduc* OR adjust* OR control* OR "health risk* mitigation" OR "health risk* management" OR "heat stress mitigation" OR "heat stress reduction" OR "heat stress management" OR "heat stress prevention" OR "heat stress control*")
Pascal and Francis	("climate change" OR "global warming" OR heat OR "extreme temperature" OR "hot temperature" OR "heat wave*" OR heatwave* OR "urban heat island*") AND (worker* OR workplace* OR occupation OR job) AND (health OR "occupational health" OR "occupational exposure" OR "occupational disease*")

	<p>OR “occupational stress” OR “job stress” OR “job-related stress” OR “occupational accident*” OR “occupational injury” OR “occupational injuries” OR “occupational hazard*” OR “heat-related illness*” OR “heat stress” OR “heat-related stress” OR “heat injury” OR “heat injuries” OR “heat-related injury” OR “heat-related injuries” OR “heat disorder*” OR “heat-related disorder*” OR “heat exhaustion” OR “heat-related exhaustion” OR “heat-related stroke” OR “heat stroke”) AND (protect* OR prevent* OR adapt* OR mitigat* OR manage* OR reduc* OR adjust* OR control* OR “health risk* mitigation” OR “health risk* management” OR “heat stress management” OR “heat stress mitigation” OR “heat stress reduction” OR “heat stress prevention” OR “heat stress control*”)</p>
<p>ProQuest (Dissertations & Theses @ Universite de Montreal Ebook Central ProQuest Dissertations & Theses Global)</p>	<p>(“climate change” OR “global warming” OR heat OR “extreme temperature” OR “hot temperature” OR “heat wave*” OR heatwave* OR “urban heat island*”) AND (worker* OR workplace* OR occupation OR job) AND (health OR “occupational health” OR “occupational exposure” OR “occupational disease*” OR “occupational stress” OR “job stress” OR “job-related stress” OR “occupational accident*” OR “occupational injury” OR “occupational injuries” OR “occupational hazard*” OR “heat-related illness*” OR “heat stress” OR “heat-related stress” OR “heat injury” OR “heat injuries” OR “heat-related injury” OR “heat-related injuries” OR “heat disorder*” OR “heat-related disorder*” OR “heat exhaustion” OR “heat-related exhaustion” OR “heat-related stroke” OR “heat stroke”) AND (protect* OR prevent* OR adapt* OR mitigat* OR manage* OR reduc* OR adjust* OR control* OR “health risk* mitigation” OR “health risk* management” OR “heat stress management” OR “heat stress mitigation” OR “heat stress reduction” OR “heat stress prevention” OR “heat stress control*”)</p>
<p>Pubmed®</p>	<p>Equation 1</p> <p>(“climate change” OR “global warming” OR heat OR “extreme temperature*” OR “hot temperature” OR “heat wave*” OR heatwave* OR “urban heat island*” OR (“Climate Change”[Mesh]) OR (“Hot Temperature”[Mesh]) OR (“Extreme Heat”[Mesh])) AND (work* OR workplace* OR occupation OR labor* OR labour OR employ* OR (Work [Mesh]) OR (Workplace [Mesh]) OR (Occupations [Mesh])) AND ((Health [Mesh]) OR (“Occupational Diseases”[Mesh]) OR (“Occupational Exposure”[Mesh]) OR (“Occupational Stress”[Mesh]) OR (“Occupational Injuries”[Mesh]) OR (“Accidents, Occupational”[Mesh]) OR (“Heat Stress Disorders”[Mesh]) OR (health OR “occupational health” OR “occupational exposure” OR “occupational disease*” OR “occupational stress” OR “job stress” OR “job-related stress” OR “occupational accident*” OR “occupational injury” OR “occupational injuries” OR “occupational hazard*” OR “heat-related illness*” OR “heat stress” OR “heat-related stress” OR “heat injury” OR “heat injuries” OR “heat-related injury” OR “heat-related injuries” OR “heat disorder*” OR “heat-related disorder*” OR “heat exhaustion” OR “heat-related exhaustion” OR “heat-related stroke” OR “heat stroke”) AND (protection OR prevention OR adaptation OR mitigation OR management) OR reduction OR adjustment OR control* OR “health risk* mitigation” OR “health risk* management” OR “heat stress management” OR “heat stress mitigation” OR “heat stress reduction” OR “heat stress prevention” OR “heat stress control*”)</p> <p>Equation 2</p>

	<p>(("climate change" OR "global warming" OR heat OR "extreme temperature" OR "hot temperature" OR "heat wave" OR heatwave* OR "urban heat island" OR ("Climate Change"[Mesh]) OR ("Hot Temperature"[Mesh]) OR ("Extreme Heat"[Mesh])) AND ((work* OR workplace* OR occupation OR labor* OR labour OR employ*) OR (Work [Mesh]) OR (Workplace [Mesh]) OR (Occupations [Mesh])) AND ((Health [Mesh]) OR ("Occupational Diseases"[Mesh]) OR ("Occupational Exposure"[Mesh]) OR ("Occupational Stress"[Mesh]) OR ("Occupational Injuries"[Mesh]) OR ("Accidents, Occupational"[Mesh]) OR ("Heat Stress Disorders"[Mesh]) OR (health OR "occupational health" OR "occupational exposure" OR "occupational disease*" OR "occupational stress" OR "job stress" OR "job-related stress" OR "occupational accident*" OR "occupational injury" OR "occupational injuries" OR "occupational hazard*" OR "heat-related illness*" OR "heat stress" OR "heat-related stress" OR "heat injury" OR "heat injuries" OR "heat-related injury" OR "heat-related injuries" OR "heat disorder*" OR "heat-related disorder*" OR "heat exhaustion" OR "heat-related exhaustion" OR "heat-related stroke" OR "heat stroke")) AND (protect* OR prevent* OR adaptation OR mitigat* OR manage* OR reduc* OR adjust* OR control* OR "health risk* mitigation" OR "health risk* management" OR "heat stress management" OR "heat stress mitigation" OR "heat stress reduction" OR "heat stress prevention" OR "heat stress control*")</p>
<p>Références SST (Canadien français et anglais, CISILO français, INRS-Bibliographie, OSHLINE, NIOSHTIC, NIOSHTIC-2, HSELINE)</p>	<p>heat <AND> (worker* OR workplace OR job*) <AND> (health OR occupational exposure) <AND> (protect* OR adapt* OR adjust* OR reduc* OR mitigat* OR prevent* OR manage* OR control*)</p>
<p>Science Direct</p>	<p>("extreme heat" OR "climate change" OR "extreme temperature" OR "urban heat island*" OR heatwave* OR "heat wave") AND (worker* OR workplace*) AND ("occupational health" OR "occupational exposure") AND (protect* OR reduc* OR adapt* OR prevent* OR mitigat* OR manage* OR adjust* OR control*)</p>
<p>SCIFinder</p>	<p>("climate change" OR "global warming" OR heat OR "hot temperature" OR "heat wave*" OR "heatwave*" OR "extreme temperature" OR "urban heat island*") AND (work* OR occupation* OR workplace* OR job OR labor* OR labour OR employ*) AND (health OR "occupational health" OR "occupational disease*" OR "occupational exposure" OR "occupational stress" OR "occupational injury" OR "occupational injuries" OR "occupational accident*" OR "occupational disorder*" OR "job stress" OR "job-related stress" OR "heat-related illness*" OR "heat-related disorder*" OR "heat-related injury" OR "heat-related injuries" OR "heat-related stress" OR "heat-related exhaustion" OR "heat-related stroke" OR "heat stress" OR "heat injury" OR "heat injuries" OR "heat disorder*" OR "heat exhaustion" OR "heat stroke" OR "heat illness*") AND (protect* OR adapt* OR prevent* OR mitigat* OR manage* OR reduc* OR adjust OR control* OR "health risk* mitigation" OR "health risk* management" OR "heat stress mitigation" OR "heat stress reduction" OR "heat stress management" OR "heat stress prevention" OR "heat stress control*")</p>

Toxline	Mêmes équations que celles utilisées dans Pubmed® (TOX[SUBSET])
Web of Science (Web of Science Core Collection et Current Contents Connect)	(“climate change” OR “global warming” OR “heat” OR “hot temperature” OR “extreme temperature” OR “heat wave*” OR “heatwave*” OR “urban heat island*”) AND (work* OR occupation OR workplace* OR job* OR labour OR labor* OR employ*) AND (health OR “occupational health” OR “occupational disease*” OR “occupational exposure” OR “occupational stress” OR “job stress” OR “job-related stress” OR “occupational injury” OR “occupational injuries” OR “occupational accident*” OR “occupational disorder*” OR “occupational hazard*” OR “heat illness*” OR “heat-related illness*” OR “heat injury” OR “heat-related injury” OR “heat injuries” OR “heat-related injuries” OR “heat stress” OR “Heat-related stress” OR “heat disorder*” OR “heat-related disorder*” OR “heat exhaustion” OR “heat-related exhaustion” OR “heat stroke” OR “heat-related stroke”) AND (protect* OR adapt* OR prevent* OR mitigat* OR manage* OR reduc* OR adjust* OR “health risk* mitigation” OR “health risk* management” OR “heat stress management” OR “heat stress mitigation” OR “heat stress reduction” OR “heat stress prevention” OR “heat stress control*”)
Whiley Online Library	(“extreme heat” OR “heat wave*” OR “heatwave*” OR “extreme temperature”) AND “occupational health”) AND (protect* OR prevent* OR mitigat* OR manage* OR reduc* OR control*)
WorldCat	(“climate change” OR “global warming” OR heat OR “extreme temperature” OR “hot temperature” OR “heat wave*” OR “heatwave*” OR “urban heat island*” OR “extreme heat”) AND (workplace* OR “occupational health” OR work* OR “occupational exposure”) AND (protect* OR prevent* OR adapt* OR mitigat* OR manage* OR reduc* OR adjust* OR control*)

A.I.I ÉQUATIONS DE RECHERCHE UTILISÉES DANS LE MOTEUR DE RECHERCHE GOOGLE SCHOLAR

- **Équation 1 :**

(work* OR workplace*) AND heat AND health AND (protect* OR adapt* OR prevent* OR manage* OR adjust* OR reduc* OR mitigat* OR control*)

- **Équation 2 :**

(work* OR workplace*) AND heat AND health AND (protection OR adaptation OR prevention OR management OR adjustment OR reduction OR mitigation OR control*)

- **Équation 3 :**

(work* OR workplace*) AND “heat stress” AND (protection OR adaptation OR prevention OR management OR adjustment OR reduction OR mitigation OR control*)

- **Équation 4 :**

(Travail* OU/OR ‘milieu* de travail’) AND/ET (chaleur OR/OU ‘contrainte thermique’) AND/ET (protection OR/OU protéger OR/OU prévention OR/OU prévenir OR/OU réduction OR/OU réduire OR/OU gestion OR/OU gérer OR/OU adaptation OR/OU adapter OR/OU ajustement OR/OU contrôle*)

ANNEXE B

B.I NOMBRE DE RÉFÉRENCES IDENTIFIÉES DANS LES DIFFÉRENTES BASES DE DONNÉES BIBLIOGRAPHIQUES

Base de données bibliographique	Nombre de références identifiées
CAB Abstracts (CABI)	1 033
CINHAL (EBSCO)	856
Embase	4 479
Engineering Village	2 137
Global Health	1 768
LiSSa	21
MEDLINE®	2 140
Pascal and Francis	158
Proquest	140
Pubmed®	2 051
Références SST	725
Science Direct	1 054
SCIFinder	295
Toxline	2 050
Web of Science	4 865
Whiley Online Library	152
WorldCat	434
Total	24 358