

É

Projets spéciaux

Études et recherches

RAPPORT R-733



Impacts des changements climatiques sur la santé et la sécurité des travailleurs

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



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

NOS RECHERCHES

travaillent pour vous !

Mission

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

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

Assurer la diffusion des connaissances, jouer un rôle de référence scientifique et d'expert.

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

Pour en savoir plus

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

Pour connaître l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine Prévention au travail, publié conjointement par l'Institut et la CSST. Abonnement : 1-877-221-7046

Dépôt légal

Bibliothèque et Archives nationales
2012
ISBN : 978-2-89631-600-7 (PDF)
ISSN : 0820-8395

IRSST - Direction des communications
et de la valorisation de la recherche
505, boul. De Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : 514 288-1551
Télécopieur : 514 288-7636
publications@irsst.qc.ca
www.irsst.qc.ca
© Institut de recherche Robert-Sauvé
en santé et en sécurité du travail,
avril 2012



Projets spéciaux

Études et recherches

RAPPORT R-733

Impacts des changements climatiques sur la santé et la sécurité des travailleurs

Avis de non-responsabilité

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

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

*Ariane Adam-Poupart¹, France Labrèche², Audrey Smargiassi³,
Patrice Duguay⁴, Marc-Antoine Busque⁴,
Charles Gagné⁵, Joseph Zayed^{1,4}*

*¹Département de santé environnementale
et santé au travail, Faculté de médecine, Université de Montréal*

²Prévention des risques chimiques et biologiques, IRSST

*³Chaire sur la pollution de l'air, les changements climatiques
et la santé, Faculté de médecine, Université de Montréal*

⁴Direction scientifique, IRSST

*⁵Direction des communications
et de la valorisation de la recherche, IRSST*



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

Cette étude a été financée par l'IRSST. Les conclusions et recommandations sont celles des auteurs.

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.

SOMMAIRE

Les effets des changements climatiques (CC) sont souvent discutés en fonction de leurs impacts sur l'environnement et sur la population générale. Toutefois, leurs conséquences sur la santé et la sécurité des travailleurs (SST) n'ont été que très peu abordées par la communauté scientifique. Pourtant, les travailleurs peuvent être directement ou indirectement affectés par les CC notamment par des contraintes thermiques auxquelles ils peuvent être exposés ou encore, par des modifications aux écosystèmes qui sont à la base de leurs activités économiques. L'objectif général de cette étude était d'explorer les avenues de recherche en regard de l'impact négatif des changements climatiques sur la santé et la sécurité du travail. De façon plus spécifique, il s'agissait de 1) dresser un panorama général (cadre d'analyse) des liens entre les CC et leurs effets potentiellement néfastes sur la SST au Québec, 2) structurer une démarche favorisant la concertation et la réflexion nationales et internationales et 3) dégager les pistes de recherche prioritaires au Québec en termes de besoins de connaissances.

À ces fins, une revue de la littérature publiée entre 2005 et 2010 a été réalisée pour identifier les principaux liens entre les CC et la SST au Québec. Le bilan des connaissances a mis en évidence cinq catégories de dangers pouvant affecter directement ou indirectement la SST au Québec: vagues de chaleur, polluants de l'air, rayonnements ultraviolets, événements météorologiques extrêmes, maladies vectorielles transmissibles et zoonoses. De plus, cinq autres conditions pouvant entraîner des modifications dans l'environnement de travail et affecter négativement la SST au Québec ont été identifiées; il s'agit de changements dans les méthodes agricoles et d'élevage, des altérations dans l'industrie de la pêche, de perturbations de l'écosystème forestier, de la dégradation de l'environnement bâti et de l'émergence de nouvelles industries « vertes ».

Par la suite, une démarche de concertation a été entreprise en débutant par la constitution d'un groupe d'experts nationaux et internationaux, et de représentants québécois des secteurs industriels de l'agriculture, de la construction, de la foresterie, des mines, du secteur municipal, des transports, des pêches, de la recherche en énergie éolienne et de la santé publique. À l'occasion de deux ateliers tenus à Montréal, ce groupe de travail a tout d'abord vérifié la vraisemblance et l'exhaustivité des informations tirées de la revue de la littérature et a ensuite contribué à dégager des pistes de recherche.

Finalement, les priorités en termes de pistes de recherche ont été établies à l'aide de deux consultations menées auprès des membres du groupe de travail et de l'équipe de recherche, selon l'approche Delphi. Cette consultation itérative a permis de dégager un consensus relativement à douze pistes de recherche prioritaires pour le Québec. Celles-ci ont été regroupées dans trois grandes orientations, soit l'acquisition de connaissances sur les dangers et les populations cibles, la surveillance épidémiologique et le développement de méthodes d'adaptation.

TABLE DES MATIÈRES

SOMMAIRE	I
TABLE DES MATIÈRES	III
LISTE DES FIGURES.....	V
LISTE DES SIGLES, ACRONYMES, ABRÉVIATIONS	VI
1. INTRODUCTION.....	1
2. OBJECTIFS.....	4
3. MÉTHODOLOGIE.....	5
3.1 Revue de la littérature	5
3.1.1 Littérature révisée par les pairs.....	5
3.1.2 Autres sources de données.....	6
3.1.3 Stratégie utilisée pour la synthèse des données	6
3.2 Démarche de travail et de concertation	6
3.2.1 Constitution du groupe d'experts.....	6
3.2.2 Constitution du groupe de représentants des secteurs d'activité économique.....	7
3.3 Établissement des pistes de recherche et de leur priorité	7
3.3.1 Établissement des pistes de recherche	7
3.3.2 Établissement de la priorité des pistes de recherche.....	7
4. RÉSULTATS.....	8
4.1 Synthèse des connaissances	8
4.1.1 Les conséquences sur les individus.....	8
Les vagues de chaleur	8
Les polluants de l'air.....	12
Les rayonnements ultraviolets	13
Les événements météorologiques extrêmes.....	14
Les maladies vectorielles transmissibles et les zoonoses	15
4.1.2 Les conséquences sur les ressources naturelles	16
4.1.3 Les conséquences sur le contexte socio-économique	18
4.2 Pistes de recherches prioritaires.....	19

4.2.1 Pistes se rapportant à l'acquisition de connaissances sur les dangers et les populations-cibles	19
4.2.2 Piste se rapportant à la surveillance épidémiologique	20
4.2.3 Pistes se rapportant au développement de méthodes d'adaptation	20
5. DISCUSSION.....	21
Considérations méthodologiques	22
6. CONCLUSION.....	24
BIBLIOGRAPHIE.....	25
7. ANNEXES.....	30

LISTE DES FIGURES

Figure 1 – Cadre conceptuel des relations entre les changements climatiques et la santé et sécurité des travailleurs (traduit et adapté de Schulte et Chun, 2009).....	3
Figure 2 – Cadre d’analyse des impacts potentiels des changements climatiques sur la santé et la sécurité des travailleurs québécois	9

LISTE DES SIGLES, ACRONYMES, ABRÉVIATIONS

CC :	Changements climatiques
CO ₂ :	Gaz carbonique
CDC:	Center for Disease Control and Prevention
EC:	Environnement Canada
USEPA :	US Environmental Protection Agency
GIEC :	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
INSPQ :	Institut national de santé publique du Québec
IRSST :	Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail
NHS :	National Health Services
OMS :	Organisation mondiale de la santé
PNUE:	Programme des Nations Unies pour l'environnement
RNC:	Ressources Naturelles Canada
SC:	Santé Canada
SST :	Santé et sécurité du travail

1. INTRODUCTION

Depuis plus d'une vingtaine d'années, il existe un consensus entre scientifiques sur l'évolution rapide du climat. Selon les conclusions du quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), le réchauffement climatique, c'est-à-dire la variation de l'état du climat que l'on peut déceler par des modifications de la moyenne ou de la variabilité de ses propriétés sur de longues périodes de temps, est sans équivoque [1, 2]. Il est prédit par le GIEC que le réchauffement moyen à la surface du globe, associé à une augmentation des concentrations de gaz carbonique (CO₂) dans l'atmosphère, entraînera d'importants changements dans la structure des écosystèmes et dans les interactions écologiques, au détriment de la biodiversité et des biens et services fournis par l'environnement [1]. D'importantes variations environnementales sont à prévoir : 1) variabilité de la température, des précipitations, de l'humidité et des vents, 2) altération des intensités et de la répartition géographique des événements météorologiques extrêmes, 3) augmentation significative du niveau des eaux dans les régions côtières, 4) altération de la distribution de la faune et de la flore, 5) augmentation des concentrations atmosphériques des polluants et 6) détérioration des habitats naturels et de l'environnement bâti [1, 3, 4, 5].

Les impacts des changements climatiques (CC) sur la santé humaine sont nombreux et variés. Certains facteurs, comme les vagues de chaleur, auront un impact direct sur la santé des individus. D'autres, telle la modification des distributions des pathogènes qui sont responsables des maladies infectieuses, influenceront plutôt indirectement la santé humaine [2, 6]. D'autres encore bouleverseront les écosystèmes sur lesquels repose l'humanité et affecteront les infrastructures (ex. : lignes électriques et de télécommunication) et les systèmes de transports terrestre, maritime et aérien [4, 6, 7].

De façon générale, il faut admettre que les effets des CC sur la santé publique, sur l'environnement et sur les activités humaines sont relativement bien documentés, ce qui n'est pas le cas des impacts sur le monde du travail. Et pourtant, les changements climatiques y entraîneront probablement des conséquences à la fois positives et négatives qui seraient modulées par l'organisation sociopolitique et économique du pays [8]. Dans un pays nordique à climat tempéré comme au Québec, les nouvelles conditions climatiques pourraient s'avérer bénéfiques pour les productivités hydroélectriques et forestières. De plus, certaines productions agricoles, comme le maïs ou le soya, ainsi que les pratiques d'élevage en plein air pourraient être favorisées par le réchauffement climatique [6]. Toutefois, les CC peuvent aussi s'avérer défavorables au monde du travail, notamment sur la santé et la sécurité des travailleurs (SST). Par exemple, les travailleurs peuvent être particulièrement affectés, directement ou indirectement, par l'exacerbation des contraintes thermiques auxquelles ils peuvent être exposés ou encore par des modifications aux écosystèmes qui sont à la base des activités économiques [4].

Bien que très peu d'études aient porté spécifiquement sur l'impact négatif des CC sur la SST, une revue de la littérature publiée entre 1998 et 2008 a été réalisée par Schulte et Chun en 2009 [9]. Les principaux dangers qu'ils avaient identifiés à l'échelle mondiale étaient : 1) l'augmentation de la température ambiante, 2) la pollution de l'air, 3) l'exposition aux rayons

ultraviolets, 4) les événements météorologiques extrêmes, 5) les maladies vectorielles transmissibles et l'expansion des habitats des vecteurs, 6) les transitions industrielles et les industries émergentes et 7) les changements dans l'environnement bâti. Le cadre conceptuel développé par ces auteurs offre une visualisation des relations entre les différents facteurs de risque et les problématiques de SST. La figure 1 représente une version traduite et adaptée de ce cadre conceptuel.

Suite à leur analyse, Schulte et Chun concluent que les CC augmenteraient possiblement la prévalence, la distribution et la sévérité des risques connus en milieu de travail. Toutefois, selon eux, il n'existerait aucune preuve de l'induction de nouveaux risques jusqu'à maintenant inconnus, mais la coexistence des risques connus et de nouvelles conditions de travail pourrait résulter en de nouveaux dangers et de nouveaux risques [9]. Deux recommandations ont été formulées par ces auteurs 1) évaluer régionalement la magnitude et la fréquence des dangers environnementaux associés aux changements climatiques et 2) mettre sur pied un programme de recherche et de prévention basé sur l'établissement des priorités pour certains enjeux.

Au Québec, aucun organisme et aucune institution n'ont encore clairement amorcé une réflexion sur les enjeux de la SST reliés aux CC. Tout est encore à l'état embryonnaire. C'est dans ce contexte que la présente étude a été réalisée par un groupe de recherche à expertises complémentaires (annexe A).

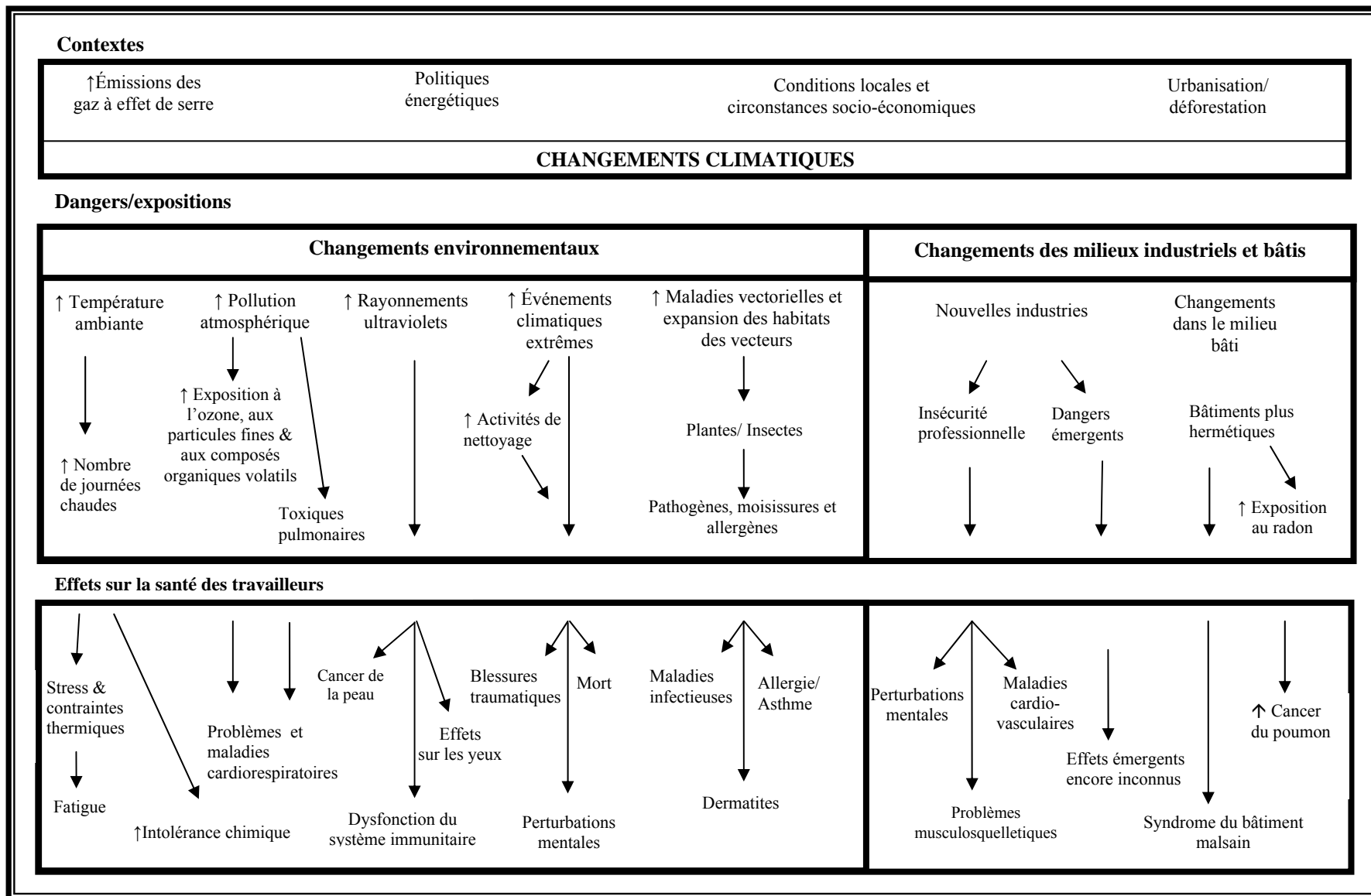


Figure 1 – Cadre conceptuel des relations entre les changements climatiques et la santé et sécurité des travailleurs (traduit et adapté de Schulte et Chun, 2009).

2. OBJECTIFS

En dépit de certains effets bénéfiques découlant des CC sur le marché du travail et éventuellement sur la SST, la présente étude en ciblait les effets négatifs. Ainsi, l'objectif général était d'explorer les avenues de recherche en regard de l'impact négatif des CC sur la SST au Québec. De façon plus spécifique, il s'agissait de :

- 1) dresser un panorama général (cadre d'analyse) des liens entre les CC et leurs effets potentiellement néfastes sur la SST au Québec;
- 2) structurer une démarche favorisant la concertation et la réflexion nationales et internationales;
- 3) dégager les pistes de recherche prioritaires au Québec en termes de besoin de connaissances.

3. MÉTHODOLOGIE

Afin d'atteindre l'ensemble des objectifs, une revue de la littérature a d'abord été réalisée pour dresser un panorama général des liens entre les CC et la SST dans le contexte québécois. Par la suite, une démarche de travail et de concertation a été structurée par la constitution d'un groupe d'experts nationaux et internationaux et de représentants québécois des industries. Dans un premier temps, ce groupe de travail a vérifié l'exhaustivité des informations identifiées dans la littérature et a dégagé dans un deuxième temps des pistes de recherche.

3.1 Revue de la littérature

Les liens potentiels entre les CC et leurs effets néfastes sur la SST dans le contexte québécois ont été identifiés à l'aide d'une revue de la littérature basée sur les articles publiés dans des journaux et revues avec évaluation par les pairs et sur des informations obtenues de documents et de sites Internet gouvernementaux. La revue a été réalisée en mettant l'accent sur les dangers des CC qui se retrouvent dans les réalités climatiques et socio-économiques des pays industrialisés à climat tempéré.

3.1.1 Littérature révisée par les pairs

La recherche bibliographique a été effectuée sur Embase, Pubmed, Medline, Web of Science, Toxline et Chemical Abstracts, en utilisant différentes combinaisons des mots clés suivants : climate, climate change, global warming et work* ou occupation*¹. Elle a couvert essentiellement la période de 2005 à 2010. Les références d'articles publiés antérieurement à cette période ont été principalement identifiées par examen des références dans les écrits de Schulte et Chun [9], de Jay et Kenny [28], de Desjarlais et *al.* [6] et de IPCC [13].

Les articles ont d'abord été sélectionnés selon la pertinence de leur titre, et ensuite triés manuellement en fonction de différents critères. 1) Tous les articles retenus devaient se rapporter directement à la santé ou à la sécurité des travailleurs et devaient mentionner les CC. Exceptionnellement, quelques articles qui portaient sur la population en général ont été retenus, en particulier lorsqu'ils traitaient de sujets pour lesquels l'information sur les travailleurs présentait des lacunes et lorsque l'information relative à la population générale pouvait s'appliquer aux travailleurs. 2) Les articles qui se rapportaient à des dangers, des maladies, des zoonoses ou d'autres effets de santé qui ne se retrouvent pas au Québec n'étaient pas retenus. 3) Les articles qui se rapportaient à une exposition au froid extrême étaient aussi exclus, car les prévisions climatiques sur le territoire québécois suggèrent plutôt une augmentation des températures en période hivernale [6]. 4) Enfin, les articles rédigés dans une langue autre que le français et l'anglais étaient exclus.

¹ L'astérisque qui suit les termes «work» et «occupation» signifie que la recherche a été réalisée sur tous les mots qui commencent par work (ex. : work, worker, working) ou occupation (ex.: occupation, occupational).

3.1.2 Autres sources de données

D'autres sources ont également été utilisées pour la synthèse des connaissances. De nombreux sites Internet gouvernementaux ou institutionnels ont été visités et les documents qui présentaient des informations pertinentes sur le lien entre les CC et la SST ont été retenus. Il s'agit des sites de la US Environmental Protection Agency (USEPA), de l'Organisation mondiale de la santé (OMS), du National Health Services (NHS), du Center for Disease Control and Prevention (CDC), d'OURANOS, du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), de Santé Canada (SC), d'Environnement Canada (EC), de Ressources Naturelles Canada (RNC), du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), du National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) et du United States Army.

3.1.3 Stratégie utilisée pour la synthèse des données

Les dangers/expositions associés aux changements climatiques, les effets sur la SST et les types d'industries potentiellement affectées par les CC ont été identifiés dans les articles et documents retenus. Par la suite, ces expositions/dangers ont été divisés en grands thèmes, inspirés de ceux identifiés par Schulte et Chun [2009].

En tout, 209 articles et revues scientifiques ainsi que les informations pertinentes d'une dizaine de sites Internet ont été retenus. Un schéma présentant la méthodologie et le nombre d'articles exclus selon les différents critères se retrouve à l'annexe B.

3.2 Démarche de travail et de concertation

Afin de vérifier l'exhaustivité des informations identifiées dans la revue de la littérature, un résumé de celle-ci a été présenté par l'équipe de recherche (annexe A) à un groupe de travail lors de deux ateliers. Le groupe de travail était composé d'experts nationaux et internationaux ainsi que de représentants de secteurs d'activité économique du Québec. Ainsi, la revue de la littérature a été présentée aux experts lors du premier atelier, et aux représentants sectoriels lors du second atelier.

3.2.1 Constitution du groupe d'experts

La sélection des membres de ce groupe a été effectuée dans le but de regrouper un large éventail d'expertises sur les dangers/impacts des CC et sur la SST. Ainsi ont été recrutés deux experts au niveau des effets sur la SST de la température ambiante et des contraintes thermiques, deux autres dans le domaine des impacts des CC sur la santé et sur l'environnement ainsi que des méthodes d'adaptation, un expert en soins d'urgence, un autre dans le domaine des zoonoses et un dernier expert sur les effets sanitaires des radiations UV. La liste présentant les experts et leurs affiliations est présentée à l'annexe C.

3.2.2 Constitution du groupe de représentants des secteurs d'activité économique

Le choix des secteurs d'activité pour lesquels des représentants étaient invités lors de l'atelier visait à représenter les principaux secteurs potentiellement affectés par les CC au Québec. Ainsi, des représentants de l'agriculture, de la construction, de la foresterie, des mines, du secteur municipal, des transports, des pêches, de la recherche en énergie éolienne et de la santé publique ont pris part au groupe de travail.

3.3 Établissement des pistes de recherche et de leur priorité

3.3.1 Établissement des pistes de recherche

Lors des deux ateliers et après qu'un résumé de la littérature sur les impacts des CC sur la SST leur ait été présenté, les membres du groupe de travail se sont d'abord prononcés sur les lacunes dans les connaissances. Ils ont ensuite proposé des pistes de recherche qui pourraient être mises en place au Québec pour combler ces lacunes. Une liste de 30 pistes a été obtenue suite aux échanges lors des ateliers (annexe D).

3.3.2 Établissement de la priorité des pistes de recherche

Afin de dégager les principales pistes de recherche, une version modifiée de l'approche Delphi a été utilisée. La méthode Delphi est basée sur une série de consultations visant à dégager un consensus sur des enjeux prioritaires par un processus d'ordonnancement d'énoncés. Le processus de consultation se termine habituellement quand le consensus est atteint ou que l'accord sur les priorités est suffisamment avancé [10].

La première liste d'énoncés de pistes de recherche a été envoyée par courriel aux membres du groupe de travail (n=19), et également aux membres de l'équipe de recherche (n=7). Les répondants devaient compléter et commenter la liste de priorités.

Les réponses obtenues ont ensuite été examinées et une liste révisée des énoncés a été produite et retournée aux mêmes individus (n=26). Lors de la seconde consultation, les participants devaient sélectionner les dix pistes de recherche les plus importantes et leur attribuer un rang de 1 à 10; ils ont aussi été invités à émettre des commentaires. Finalement, les rangs attribués ont été compilés et les priorités de recherche ont été classées.

4. RÉSULTATS

4.1 Synthèse des connaissances

Cette section fait le bilan des connaissances et présente les principaux enjeux relatifs aux impacts négatifs des CC sur la SST au Québec, tel qu'identifiés dans la littérature et complétés par le groupe de travail (d'experts et de représentants de secteurs industriels). La figure 2 présente l'ensemble de ces informations, organisées selon un cadre d'analyse inspiré de celui de Schulte et Chun [2009]. Trois niveaux de conséquences ont émergé de notre analyse : conséquences sur les individus, conséquences sur les ressources naturelles et conséquences sur le contexte socio-économique. Cinq catégories d'expositions et de dangers pourraient affecter directement ou indirectement la SST au Québec : vagues de chaleur, polluants de l'air, rayonnements ultraviolets, événements météorologiques extrêmes, maladies vectorielles transmissibles et zoonoses. De plus, cinq autres conditions pourraient entraîner des modifications dans l'environnement de travail et affecter négativement la SST : changements dans les méthodes agricoles et d'élevage, altérations de l'industrie de la pêche, perturbations de l'écosystème forestier, dégradation de l'environnement bâti et émergence de nouvelles industries « vertes ».

4.1.1 Les conséquences sur les individus

Le premier grand thème identifié dans la littérature porte sur les impacts des changements climatiques qui auront des conséquences directes et indirectes sur l'individu. Ces impacts sont les vagues de chaleur, les polluants de l'air, les rayonnements ultraviolets, les événements météorologiques extrêmes et les maladies vectorielles transmissibles et les zoonoses [1].

Les vagues de chaleur

Les **prédictions climatiques** suggèrent que les épisodes de chaleur extrêmes et les vagues de chaleur que subissent plusieurs villes d'Amérique du Nord seront plus fréquents et plus sévères au cours des prochaines années [2, 6]. Ce phénomène est observé notamment à Montréal et à Québec, où les températures estivales et l'humidex² quotidiens sont en hausse depuis les quatre dernières décennies et où s'ajoute l'effet des îlots thermiques, qui rehausse localement la température de l'air ambiant de 0,5 °C à 5,6 °C. Par contre, le réchauffement des températures sur l'ensemble du territoire québécois devrait être plus important en période hivernale [6].

Les **effets potentiels** d'une exposition à la chaleur sur la SST sont directs et indirects. De façon générale, une exposition à des températures ambiantes élevées provoque une augmentation de la température corporelle qui se traduit par une dilatation vasculaire cutanée, de la transpiration et une augmentation du rythme cardiaque. À une température corporelle de 38-39 °C, les risques d'épuisement sont importants et des symptômes associés à une perturbation thermique apparaissent.

² Indice thermique utilisé au Canada et qui exprime l'effet combiné de la chaleur et de l'humidité.

Le choc thermique, c'est-à-dire l'arrêt du système de thermorégulation du système nerveux central, se produit généralement lorsque la température corporelle atteint environ 40 – 41 °C [11, 12, 13]. Par ailleurs, en présence d'une humidité relative élevée dans l'air, l'évaporation de la sueur et par conséquent le taux de dissipation de la chaleur peuvent être compromis, accélérant ainsi le phénomène d'accroissement de la température corporelle. Ainsi, la pratique d'une activité physique prolongée dans un environnement chaud et humide augmente les risques d'épuisement et de chocs thermiques [14, 15]. C'est d'ailleurs dans cette optique que les recommandations en SST dans des environnements chauds intègrent généralement des mesures d'humidité [16]. Outre ces symptômes, une exposition excessive à la chaleur peut causer des perturbations cardiaques et rénales [17]. De plus, l'exposition à un environnement chaud modifie des paramètres physiologiques tels que la ventilation pulmonaire, la vasodilatation, la sudation et le débit sanguin, favorisant ainsi une augmentation de l'absorption des xénobiotiques par les voies pulmonaires et cutanées [18, 19].

Les **effets indirects** découlant d'une exposition à la chaleur se traduisent par une augmentation des risques de lésions et de blessures, causée par un état de fatigue et une diminution de la vigilance [pour une revue, voir 20]. L'incidence des accidents est minimale lorsque l'activité de travail est pratiquée à des températures d'environ 17 à 23 °C WBGT³ et augmente avec des températures plus faibles ou plus élevées [21]. Le travail à une température ambiante élevée peut moduler les habilités et les capacités des travailleurs lors de l'exécution de tâches physiques, ce qui peut aussi entraîner des conséquences sur la capacité de travail, sur la productivité et sur la sécurité des travailleurs. Plusieurs facteurs pourraient expliquer ce phénomène. D'une part, les performances psychomotrices, dont la dextérité manuelle, peuvent être modifiées suite à une exposition à la chaleur. Par ailleurs, l'inconfort physique associé à une augmentation de la température corporelle peut modifier l'état émotif du travailleur (irritabilité, rage) et ainsi favoriser la négligence des procédures de sécurité et diminuer la vigilance lors de l'exécution de tâches dangereuses [22]. La déshydratation provoquée par l'exposition à un environnement chaud semble aussi avoir des effets sur les performances cognitives, sur les capacités visuo-motrices, sur la mémoire à court terme et sur la vigilance [pour une revue, voir 23]. Finalement, un aspect particulier des pays nordiques en lien avec la SST, souligné lors des ateliers, est que le réchauffement des hivers diminuerait la vigilance et l'adaptation des travailleurs extérieurs au froid, ce qui pourrait augmenter le risque de lésions⁴.

Il existe dans la littérature, plusieurs illustrations des effets de la chaleur sur la SST. Au Canada, 49 décès dus à la chaleur naturelle excessive ont été signalés entre les années 2000 et 2007 chez les personnes de 20 à 64 ans; toutefois, l'information quant aux circonstances de décès n'est pas disponible [24]. En France, plusieurs décès par hyperthermie en milieu de travail (dont trois jeunes personnes en une seule journée) ont été identifiés pendant les canicules de 2003 et 2006 [25] alors qu'au Japon, entre 19 et 29 % des coups de chaleur rapportés se produiraient chez des travailleurs [14]. En ce qui concerne les États-Unis, 423 décès ont été attribués aux coups de

³ WBGT : Le «Wet Bulb Globe Temperature» ou «Indice de température au thermomètre-globe mouillé» est un indice composite de température utilisé pour estimer les effets de la température, de l'humidité, et du rayonnement solaire sur l'homme.

⁴ Échanges tenus lors des ateliers de travail. Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail. Montréal, Québec, Canada 24-25 novembre 2010.

chaleur en milieu de travail entre 1992 et 2006 [26]. Près du quart de ces employés provenaient des **industries** de l'agriculture, de la foresterie, de la pêche et des activités de chasse et le taux de décès causés par la chaleur dans des industries agricoles étaient 20 fois plus importants que celui des travailleurs civils pour la même cause [26].

Plusieurs **facteurs** peuvent intensifier les effets d'une exposition à la chaleur chez les travailleurs. Sur le plan individuel, la tolérance à la chaleur semble diminuer chez les individus âgés de plus de 45 ans, car leur demande physiologique est plus importante lors d'une activité physique. Ces individus transpirent plus rapidement et leur métabolisme nécessite plus de temps pour revenir à l'état normal [27]. De plus, les travailleurs ayant des problèmes de santé, tels que des maladies cardiaques, de l'hypertension, des problèmes de circulation sanguine, ceux qui présentent un surplus pondéral, et ceux ayant un régime faible en sodium ou qui prennent certains médicaments [12, 13], sont plus susceptibles de présenter des atteintes suite à une exposition excessive à la chaleur. Finalement, les femmes enceintes, dont le métabolisme est plus élevé, sont également plus vulnérables [13].

Le lieu, la saison et le type d'activité sont aussi des **facteurs** qui peuvent contribuer aux effets d'une exposition à la chaleur. Les travailleurs les plus exposés sont essentiellement ceux qui proviennent des industries dont les emplois se pratiquent à l'extérieur et qui exigent des activités physiques intenses durant les mois d'été, ou encore ceux qui travaillent à des températures intérieures élevées ou qui subissent une augmentation de la chaleur corporelle par la nature de leurs tâches [pour une revue, voir 28]. Le port d'équipement de protection peut également exacerber l'effet de la chaleur chez certains groupes de travailleurs [29, 30]. De plus, il semble que les coups de chaleur se produisent plus fréquemment en début de saison chaude et à des températures plus basses, alors que les travailleurs ne sont pas encore acclimatés : ceci a été rapporté lors des ateliers chez les travailleurs québécois de la construction de même que chez les travailleurs agricoles et forestiers⁵. Enfin, l'existence d'une association entre la température élevée, l'exposition à l'oxyde de carbone et la diminution de la performance a été rapportée chez les conducteurs de voiture de course [31]. L'augmentation de la température est aussi associée à une évaporation plus rapide de l'eau, ce qui augmente les problèmes cutanés chez les travailleurs exposés à l'eau de mer, particulièrement en présence de rayonnement solaire; ceci a été souligné lors des ateliers pour les travailleurs du secteur de la pêche⁵.

Parmi les **autres industries** comportant des risques de coup de chaleur, il faut mentionner les mines, le transport (chauffeurs d'autobus et de taxis, constructeurs et réparateurs de routes et de barrages, débroussailleurs de routes), la gestion de matières résiduelles, l'aménagement paysager, les services postaux et les services d'incendies. Les industries dont les activités sont à l'intérieur et qui comportent des risques d'exposition excessive à la chaleur sont celles de la fabrication de verre, de céramique, de briques et de caoutchouc, les fonderies, les serres, les industries de mise en conserve et de textile, les buanderies, les cuisines et les entrepôts [9, 32, 33, 34, 35]. Comme souligné lors des ateliers⁵, les travailleurs du secteur éolien peuvent également être exposés aux chaleurs accablantes (lorsqu'ils ont à réparer des éoliennes d'urgence durant l'été), tout comme les travailleurs de la santé, en particulier ceux des services d'urgence

⁵ Échanges tenus lors des ateliers de travail. Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail. Montréal, Québec, Canada 24-25 novembre 2010.

(ambulanciers et personnel des urgences) qui doivent souvent travailler sous pression, dans des locaux non climatisés et avec des vêtements de protection⁶.

Les polluants de l'air

Les polluants atmosphériques

Les **prédictions climatiques** suggèrent que les CC peuvent affecter les niveaux de polluants atmosphériques dont l'ozone, les particules en suspension, les composés organiques volatils et autres gaz à effet de serre. D'une part, les modifications des régimes météorologiques (variations des températures, des précipitations et du schéma des vents) pourraient augmenter la fréquence et la sévérité des épisodes de pollution de l'air. D'autre part, la demande croissante d'énergie pour répondre aux besoins grandissants de climatisation pourrait augmenter l'émission de certains polluants ou de leurs précurseurs [2, 5]. Au Québec, l'augmentation des températures pourrait favoriser l'accroissement des concentrations ambiantes de plusieurs polluants, dont l'ozone troposphérique, et augmenter les durées de dépassement de normes. Bien que la relation entre les CC et les niveaux de particules fasse encore l'objet de nombreuses études [6], les prévisions suggèrent que les concentrations estivales de particules en suspension dans l'air demeureraient stables ou régresseraient légèrement dans les années futures. En contrepartie, il est possible que la fréquence des feux de forêts de certaines régions canadiennes et américaines (Nord-Est américain, Ontario et Québec) augmente dans les prochaines décennies, ce qui contribuerait à une intensification des concentrations de fumée et de particules dans l'air ambiant du territoire québécois [2, 6].

Les **effets** d'une exposition aux polluants atmosphériques consistent principalement en l'augmentation de l'incidence et l'exacerbation des symptômes des maladies respiratoires et cardiovasculaires [13]. Quelques études portant spécifiquement sur les travailleurs existent, mais datent d'une vingtaine d'années [36]. Les effets respiratoires de l'ozone troposphérique sont multiples : toux, souffle court, réponse inflammatoire des muqueuses, irritations, réduction des fonctions respiratoires, aggravation des maladies chroniques [pour une revue, voir 37]. De plus, l'ozone troposphérique augmente la réactivité des voies respiratoires à des agents irritants, ce qui peut mener à un accroissement du nombre des crises d'asthme chez les asthmatiques et à des pneumonies [38, 39]. L'ozone troposphérique extérieur peut aussi entrer dans les bâtiments et une combinaison entre ce dernier et les contaminants intérieurs (ex. : mélanges organiques volatils) pourrait influencer la qualité de l'air intérieur et la santé des individus [40]. En ce qui concerne les effets des particules en suspension sur la population générale, la littérature indique que celles-ci sont responsables de l'exacerbation des symptômes de l'asthme et sont associées à une augmentation des hospitalisations et des visites à l'urgence, de même qu'à un accroissement de la mortalité liée à des problèmes respiratoires et cardiovasculaires [41, 42, 43]. Une augmentation des concentrations de polluants avec les changements climatiques pourrait donc augmenter certains problèmes de santé chez les travailleurs.

⁶ Échanges tenus lors des ateliers de travail. Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail. Montréal, Québec, Canada 24-25 novembre 2010.

Les effets sanitaires associés à une exposition aux polluants de l'air varient selon plusieurs **facteurs**, dont les concentrations environnementales, la durée d'exposition et le rythme respiratoire des individus [5]. Les travailleurs occupant des emplois qui se pratiquent à l'extérieur sur de longues périodes de temps et qui demandent un effort physique important présentent un plus grand potentiel d'exposition aux polluants atmosphériques [7] en raison notamment de l'augmentation de leur débit respiratoire et de la durée de leur exposition. Les industries les plus sujettes à une exposition importante aux polluants atmosphériques sont celles du transport, des services publics, de l'aménagement paysager et de la construction [9].

Le pollen et autres allergènes

Les **prédictions climatiques** suggèrent que les CC pourraient affecter les distributions et les concentrations de pollens et autres aéroallergènes (moisissures, spores et mycotoxines) [6]. En effet, l'augmentation des températures ambiantes et l'accroissement des concentrations de CO₂ devraient favoriser des périodes de floraison précoces, allonger les saisons polliniques, augmenter les quantités d'allergènes produites, intensifier l'allergénicité et modifier les aires de distribution [5, 11, 37]. Il est d'ailleurs rapporté que la saison de production des pollens dans l'hémisphère nord aurait augmenté d'une quinzaine de jours depuis les trois dernières décennies [2, 13]. De plus, une hausse de concentrations a déjà été documentée pour les régions de Québec et de Montréal entre 1994 et 2002; pour cette même période, la durée de la saison pollinique est passée de 40 à 70 jours par année [3, 6].

Les **effets** d'une exposition aux pollens et aéroallergènes sur la SST pourraient se traduire par une augmentation des maladies respiratoires comme l'asthme et les rhinites allergiques. Les composants de la pollution atmosphérique interagissent avec les allergènes qui sont transportés par les graines de pollen et pourraient aussi augmenter les risques de sensibilisation atopique et aggraver les symptômes chez les individus déjà sensibilisés [pour une revue; voir 5].

Aucune étude rapportant des **facteurs** qui intensifient les effets chez les travailleurs n'a été mise en évidence dans la présente revue de la littérature. Toutefois, comme pour les travailleurs exposés aux polluants atmosphériques, ceux qui œuvrent dans des **industries** dont les emplois se pratiquent à l'extérieur sur de longues périodes de temps, et qui demandent une intensité importante d'effort physique, ont un plus grand potentiel d'exposition aux aéroallergènes étant donné l'augmentation de leur débit respiratoire et la durée de leur exposition.

Les rayonnements ultraviolets

Face à l'effet des CC sur l'ozone stratosphérique l'OMS **prédit** une augmentation des niveaux de rayons ultraviolets (UV) à la surface de la terre. Ce phénomène s'expliquerait notamment par l'appauvrissement de la couche d'ozone stratosphérique dû à la présence de gaz à effet de serre, par la modification de la chimie de l'atmosphère influencée par le réchauffement des régions polaires ainsi que par la modification de la distribution des nuages [3, 6, 10]. Il est aussi prévu que l'allongement de la saison chaude et les comportements sociaux qui y sont associés provoqueraient une plus grande exposition aux rayonnements UV dans les régions nordiques, telles que le Québec [2, 6].

Certains **effets** néfastes ont été associés à une exposition aux UV sur la SST, dont le développement de cancers de la peau. En effet, les rayons UV peuvent pénétrer sous le derme et modifier la structure des cellules cutanées. Malgré la production bénéfique de vitamine D, les rayons UV peuvent également entraîner des effets supprimeurs sur le système immunitaire, des photokératites aiguës, des conjonctivites et des cataractes [pour une revue, voir 44, 45].

Plusieurs **facteurs** peuvent contribuer à l'augmentation de l'incidence et de la sévérité de ces effets. Sur le plan individuel, les personnes les plus à risque de cancer de la peau sont celles dont la peau est particulièrement blanche ou avec des taches de rousseur et qui a tendance à rougir plutôt qu'à brunir. La prise de certains médicaments (diurétiques, certains antibiotiques, certains contraceptifs oraux) peut aussi sensibiliser la peau aux effets du soleil [46]. Dans l'environnement de travail, la neige, le sable de couleur pâle et le béton reflètent aussi les rayons UV et augmentent le potentiel d'exposition. Il est à noter que c'est pendant la saison estivale, alors que les rayons du soleil sont à leur apogée entre 10 h et 16 h, que les travailleurs sont le plus à risque [47]. De plus, comme mentionné lors des ateliers, la chaleur qui accompagne souvent le rayonnement solaire amène certains travailleurs à se dévêtir, ce qui augmente leur surface cutanée exposée aux rayonnements UV⁷. En ce qui concerne le type d'**industries**, les agriculteurs et les pêcheurs sont parmi les travailleurs le plus à risque de développer des cancers de la peau puisque ceux-ci sont exposés au soleil sur une base quotidienne [48, 49]. D'ailleurs, des taux de cancers de la peau très élevés ont été rapportés aux États-Unis chez les fermiers et travailleurs saisonniers de l'agriculture [48,49]. Une exposition accrue aux UV s'applique également aux travailleurs d'autres industries, tels ceux œuvrant dans les secteurs de la construction, de la voirie, de l'aménagement paysager, de l'horticulture, ainsi que les sauveteurs (maîtres-nageurs) [47]. Il faut souligner que l'exposition au brai de goudron de houille et aux produits pétroliers contenant des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), de même qu'à certains produits chimiques utilisés en imprimerie peut sensibiliser aussi la peau aux effets des rayonnements UV [46].

Les événements météorologiques extrêmes

Selon les **prédictions** du GIEC, les épisodes de précipitations fortes et abondantes devraient grandement augmenter dans de nombreuses régions du globe, y compris dans celles où une diminution de la moyenne des précipitations est anticipée [2]. Il est prévu au Québec comme ailleurs, que les changements climatiques accentuent la fréquence et la sévérité de certains phénomènes météorologiques extrêmes, tels les orages violents, les tempêtes, les inondations et les sécheresses [2, 5, 6, 50].

Les **effets** sur la SST des événements météorologiques extrêmes sont multiples. Les orages peuvent intensifier l'asthme [5], en augmentant l'exposition des individus à des pollens et autres allergènes [40]. Les tempêtes estivales, caractérisées par des pluies violentes et des inondations, sont associées à une augmentation des problèmes cardiaques, à la propagation des maladies vectorielles transmissibles, à des risques d'hypothermie et à des décès par noyade [6, 13]. Les catastrophes environnementales peuvent aussi entraîner de la congestion des sinus, des irritations

⁷ Échanges tenus lors des ateliers de travail. Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail. Montréal, Québec, Canada 24-25 novembre 2010.

de la gorge et des rougeurs cutanées chez les secouristes [51]. Outre les risques d'accident lors d'interventions d'urgence, les événements extrêmes peuvent aussi avoir des répercussions sur la santé mentale des travailleurs, notamment via des chocs post-traumatiques [52]. Une autre conséquence indirecte associée à des changements rapides de conditions météorologiques qui fut soulignée lors des ateliers est un risque accru d'accidents dus à une accélération du rythme de travail chez les travailleurs de la construction ou d'autres travailleurs à l'extérieur qui voudraient terminer leurs tâches avant un orage par exemple⁸.

Les principaux **facteurs** qui modulent les risques de lésions associés aux événements météorologiques extrêmes sont le type et le lieu de pratique de l'activité professionnelle. Les travailleurs des urgences environnementales (secouristes, pompiers, policiers, autres travailleurs du milieu de la santé), ceux des **industries** de la construction, des pêches, du transport et du tourisme sont plus à risques d'être exposés aux dangers associés à des événements météorologiques extrêmes soudains. Les agriculteurs sont également plus à risque d'une exposition à des contaminants (moisissures, produits chimiques, agents biologiques) et à des matières fécales dans les sols lors d'inondations qui augmentent leur mobilisation et leur biodisponibilité [3, 53]. En outre, les expositions des pompiers à des températures extrêmes, à de la fumée, à des vapeurs et à des gaz toxiques pourraient être augmentées à cause de la fréquence accrue appréhendée des feux de forêt [13]. Finalement, les événements météorologiques extrêmes pourraient forcer les travailleurs des régions éloignées à rester plus longtemps que prévu sur les chantiers ou dans les mines avant d'être remplacés par d'autres travailleurs, allongeant ainsi leur nombre d'heures de travail et augmentant les risques d'accident dus au manque de repos. Cette problématique a été mentionnée lors des ateliers⁸.

Les maladies vectorielles transmissibles et les zoonoses

La prévalence des maladies à transmission vectorielle et des zoonoses pourrait s'accroître selon les **prédictions** qui découlent des CC [2]. L'augmentation des températures modifierait les taux d'incubation, les saisons de transmission et les répartitions géographiques des insectes vecteurs (tiques et moustiques) et des animaux porteurs des maladies [2, 6]; et l'élévation des températures faciliterait le développement ou l'introduction de nouveaux pathogènes ou vecteurs de maladie chez les bêtes d'élevage [pour une revue, voir 54, 55].

Les **effets** sur la SST associés à ces phénomènes seraient une augmentation de l'incidence des maladies infectieuses et l'apparition de nouvelles maladies à transmission vectorielle [2]. Au Québec, il n'existe actuellement que peu d'espèces vectrices de maladies transmissibles à l'humain, mais quelques-unes sont présentes dans le sud du territoire. Le réchauffement des températures prolongera la durée de la saison de transmission et modifiera l'aire de répartition des arthropodes vecteurs de virus responsables de l'encéphalite de Saint-Louis, de l'encéphalite de La Crosse, de l'encéphalite équine de l'Est et du Virus du Nil [6] ainsi que la distribution de l'hôte (rongeur) du virus qui est responsable du syndrome pulmonaire à hantavirus (SPH), dont un premier cas a été rapporté au Québec en 2005 [6]. La maladie de Lyme est également une

⁸ Échanges tenus lors des ateliers de travail. Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail. Montréal, Québec, Canada 24-25 novembre 2010.

zoonose émergente au Canada et il est prévu que cette pathologie se propage dans plusieurs des régions de l'est du Canada, dont au Québec d'ici 10 à 20 ans [6, 56].

Le type d'activité professionnelle et le milieu de travail sont parmi les principaux **facteurs** qui contribuent au développement et à la propagation de ces maladies. Les personnes qui travaillent à l'extérieur sont celles qui présentent le plus grand risque d'exposition aux maladies à transmission vectorielle et aux zoonoses [9]. Des cas d'infection par le virus du Nil ont été répertoriés chez des fermiers américains en 2002 et 2004 [57] et le taux d'infection à la maladie de Lyme des travailleurs du milieu de la construction dans l'État de New York aux États-Unis était deux fois plus élevé que dans la population générale [57]. Les **industries** le plus à risque seraient celles de l'agriculture, de la foresterie, de la pêche, de la construction, des mines, de l'entretien des routes, et de l'exploitation pétrolière et gazière [57, 58, 59]. Les travailleurs des urgences environnementales, les entomologistes et les individus qui effectuent des nécropsies sur les animaux, ou qui manipulent des tissus ou fluides possiblement infectés seraient également à risque. Par ailleurs, la propagation des maladies vectorielles transmissibles pourrait potentiellement nécessiter une utilisation accrue de pesticides, augmentant l'exposition de certains travailleurs à ces produits [55].

4.1.2 Les conséquences sur les ressources naturelles

Le second grand thème d'impacts identifié dans la littérature et par le groupe de travail porte sur les conséquences des changements climatiques sur les ressources naturelles qui affecteront directement les environnements de travail. Les CC peuvent être associés à des modifications des activités d'agriculture/élevage, des altérations dans l'industrie de la pêche et des perturbations des écosystèmes forestiers, avec comme principales conséquences des diminutions de production, de revenus et du nombre d'emplois (figure 2). Les principales répercussions sur les travailleurs sont l'insécurité professionnelle et l'accroissement des problèmes qui y sont associés, tels que l'insatisfaction au travail, le stress et les problèmes de santé physique et mentale [pour une revue, voir 60].

Le texte qui suit puise notamment dans les thèmes abordés précédemment tout en les examinant sous l'angle de leurs impacts socio-économiques. Les **prédictions** suggèrent que l'augmentation des vagues de chaleur, du nombre et de la sévérité des événements météorologiques extrêmes ainsi que les augmentations de concentrations d'ozone auront des effets négatifs sur plusieurs industries, dont l'agriculture [pour une revue, voir 61, 62, 63]. Toutefois, des études démontrent que les fortes inondations pourraient avoir des effets bénéfiques sur les cultures à certains endroits, en permettant un ajout de nutriments dans les sols et une meilleure irrigation. Néanmoins, si l'on considère uniquement les effets néfastes des changements climatiques, il est possible que le niveau d'emploi dans le domaine agricole soit diminué, et particulièrement celui des emplois saisonniers, étant donné les dommages prévus aux récoltes et la diminution de la production qui en résulterait [4, 7]. De plus, l'augmentation de la demande de biocarburants comme source d'énergie renouvelable, qui est une des solutions proposées pour contrer les CC, modifie l'utilisation des terres agricoles et dévie la production agricole normalement destinée à l'alimentation, soulevant ainsi un débat éthique et suscitant une préoccupation majeure quant à la disponibilité des produits alimentaires. Dans cette foulée, les travailleurs agricoles pourraient

être appelés à une plus grande utilisation de pesticides avec comme corollaire une plus grande exposition.

L'effet des CC pourrait également contribuer à la modification des pratiques d'élevage. En effet, il est possible que les éleveurs accentuent la pratique d'hébergement intérieur des animaux afin de limiter les effets associés à la chaleur. Ceci pourrait avoir comme conséquence le développement de nouvelles maladies chez les bêtes et également l'augmentation des risques de zoonoses [54]. Les éleveurs seront aussi possiblement obligés d'utiliser plus de biocides et de médicaments vétérinaires, augmentant de ce fait les coûts de l'élevage et les risques sanitaires potentiels reliés à l'utilisation de tels produits chimiques. Le transport, sur de longues distances, d'animaux pour la consommation humaine pourrait aussi exiger plus de travail de nuit de la part des chauffeurs de camion afin de circuler en dehors des périodes de chaleur intense.

Des modifications dans l'industrie de la pêche, notamment dans les distributions de poissons, en réponse aux variations climatiques, ont déjà été observées. De façon générale, les prédictions suggèrent que la production primaire des océans diminuera et que les espèces vivant dans les eaux chaudes seront favorisées au détriment des espèces retrouvées dans les eaux froides [64]. Les CC pourraient aussi avoir des effets imprévisibles sur les productions (variété et quantité) de poissons, favorisant la pêche sur de nouveaux sites ou sur des territoires plus éloignés; il a été souligné lors des ateliers que cet enjeu n'était pas préoccupant pour le Québec, mais pourrait le devenir pour les provinces environnantes⁹. De plus, la pêche dans des conditions météorologiques plus difficiles pourrait devenir plus fréquente. Les infrastructures seront possiblement endommagées par les événements météorologiques extrêmes. L'ensemble de ces facteurs pourrait entraîner une diminution des revenus et affecter la santé et la sécurité des pêcheurs [64]. Tel qu'observé aux États-Unis, la prolifération des algues bleues et l'apparition de nouvelles maladies en lien avec des toxines marines [65] seraient aussi intensifiées par les CC. Bien qu'il fût rapporté lors des ateliers que ces risques sont probablement faibles au Québec⁹, les employés qui travaillent à la récolte, à la transformation et à l'expédition des fruits de mer pourraient éventuellement être à risque [65].

Les **prédictions** suggèrent que les CC pourraient également affecter les écosystèmes forestiers en modifiant les régimes de perturbations naturelles des forêts et les dynamiques avec les insectes forestiers. L'accroissement des concentrations d'ozone troposphérique, qui ralentit la croissance des arbres et les prédispose aux pathogènes, pourrait amplifier le phénomène [pour une revue, voir 66]. Tel que souligné lors des ateliers, ces bouleversements dans le monde forestier pourraient obliger la coupe de grandes quantités d'arbres sur une courte période de temps ou encore mettre en péril l'industrie forestière de certaines régions avec plusieurs conséquences sur le marché de l'emploi forestier⁹. L'aire de distribution géographique des plantes toxiques telles que l'herbe à puce, l'herbe à poux et les sumacs pourraient aussi augmenter, résultant en une plus grande exposition des travailleurs extérieurs. Schulte et Chun [9] ont rapporté que le tiers des travailleurs forestiers et des pompiers qui ont combattu des feux de forêt en Californie, en Oregon et dans l'état de Washington ont développé des rougeurs ou des irritations pulmonaires suite à la combustion de sumacs du Canada. Ce type de risques pourrait

⁹ Échanges tenus lors des ateliers de travail. Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail. Montréal, Québec, Canada 24-25 novembre 2010.

sans aucun doute s'appliquer aux travailleurs extérieurs comme les paysagistes, les fermiers et les ouvriers terrassiers.

4.1.3 Les conséquences sur le contexte socio-économique

Le troisième grand thème d'impacts est d'ordre socio-économique et porte essentiellement sur la dégradation de l'environnement bâti et sur l'émergence de nouvelles industries «vertes» (figure 2).

Les **prévisions** suggèrent que les CC pourraient affecter l'efficacité, la durée de vie et la sécurité des infrastructures et des édifices. Les services en réseaux tels que la distribution d'énergie, les routes, les systèmes de transport et de télécommunication pourraient subir des bris, augmentant ainsi les risques d'exposition et la vulnérabilité des travailleurs à de nouveaux environnements de travail ou de nouveaux dangers [pour une revue, voir 67, 68]. Plusieurs industries potentiellement affectées par les CC ont été identifiées lors des ateliers. En effet, dans le Grand Nord, le réchauffement des hivers et la fonte du pergélisol seraient déjà responsables d'importants dommages aux infrastructures routières (ponts de glace, pistes d'atterrissage) et de soutènement des mines¹⁰. Ces dommages pourraient perturber le transport et augmenter les risques d'effondrement dans les mines ainsi que les accidents routiers et les noyades. Les travailleurs forestiers, et ceux des mines et des grands chantiers hydroélectriques ont été spécifiquement ciblés lors des ateliers¹⁰. Une autre industrie potentiellement affectée par les CC et discutée lors des ateliers est le tourisme, dont le rendement dépend notamment du climat et de la qualité des infrastructures d'accueil; la hausse du niveau d'eau dans certains secteurs côtiers pourrait par exemple détruire des plages ou abîmer des infrastructures touristiques, pouvant entraîner une insécurité chez les travailleurs¹⁰.

Les prédictions suggèrent aussi que de nouvelles industries, qui visent à diminuer ou à mitiger les impacts des CC par la réduction des émissions de gaz à effet de serre [69], verront le jour dans les prochaines décennies. Des modifications seront apportées dans les emplois traditionnels, de nouvelles professions « plus vertes » seront créées et les nouveaux défis de l'industrie pourraient engendrer de nouveaux risques physiques et chimiques chez les travailleurs [3, 14, 70]. De plus, certains bâtiments pourraient être construits de façon plus hermétique afin de réduire la consommation d'énergie nécessaire à la climatisation ou au chauffage. Ces bâtiments plus hermétiques seraient possiblement plus enclins à accumuler divers produits chimiques. Dans le cas d'édifices avec des celliers ou des espaces de travail souterrains, les travailleurs pourraient être plus exposés à des concentrations élevées de certains gaz tels que le radon [9, 71].

Les énergies renouvelables, les énergies solaires, dont l'énergie photovoltaïque, les cellules à combustible (incluant l'hydrogène), les applications de capture et de stockage de CO₂, les nouvelles technologies de transport telles que les véhicules électriques, hybrides et ceux propres au diesel, sont des domaines "verts" qui pourraient se développer de façon importante dans les prochaines décennies. Ces nouveaux domaines pourraient aussi avoir des conséquences sur

¹⁰ Échanges tenus lors des ateliers de travail. Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail. Montréal, Québec, Canada 24-25 novembre 2010.

l'émergence de nouveaux risques en SST. À titre d'exemple, les emplois dans la production d'énergie éolienne comportent des risques non négligeables, dont tous ceux reliés au travail en espaces confinés [72] et l'American Society of Safety Engineers a récemment jugé nécessaire d'élaborer de nouveaux standards pour protéger ces travailleurs [70]. Une des problématiques émergentes en SST qui a été discutée lors des ateliers consiste en l'utilisation de cellules à hydrogène, en remplacement du diesel, qui améliorerait la qualité de l'air des mines souterraines, mais qui pourrait augmenter les risques d'explosion¹¹. Par ailleurs, la production, la transformation et le recyclage de biocarburants sont également des activités qui comportent des risques de problèmes respiratoires et inflammatoires, en raison de la manipulation d'importantes quantités de microorganismes, de spores fongiques, d'endotoxines et de poussières [73, 74, 75].

4.2 Pistes de recherches prioritaires

Une trentaine de pistes de recherche potentielles (annexe D) ont été identifiées à la suite de deux ateliers de travail et à une première consultation. La consultation finale a permis de dégager douze pistes de recherche prioritaires. Dix-sept personnes ont répondu aux deux consultations. Ces pistes ont été regroupées en trois grandes orientations touchant la SST: l'acquisition de connaissances sur les dangers et les populations cibles, la surveillance épidémiologique et le développement de méthodes d'adaptation.

4.2.1 Pistes se rapportant à l'acquisition de connaissances sur les dangers et les populations cibles

- Étudier certains événements climatiques extrêmes s'étant produits dans le passé afin 1) d'en tirer des leçons notamment sur le type de travail mis en cause, et 2) de développer des stratégies de mitigation.
- Étudier et évaluer les nouveaux dangers pour la SST associés aux expositions à des changements climatiques extrêmes et à leurs impacts sur les infrastructures.
- Étudier l'augmentation de la toxicité et des effets de certains agents biologiques, chimiques et de matériaux en période de chaleur extrême, de pollution atmosphérique importante, de sécheresse ou de fortes précipitations.
- Évaluer les risques actuels et futurs associés aux aéroallergènes et aux zoonoses (ex. : maladie de Lyme, virus du Nil, encéphalite de St-Louis, encéphalite de la Crosse, encéphalite Équine de l'est).
- Étudier les contraintes thermiques et hydriques dues aux vêtements et à l'équipement de protection en période de chaleur accablante.

¹¹ Échanges tenus lors des ateliers de travail. Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail. Montréal, Québec, Canada 24-25 novembre 2010.

- Identifier les catégories de travailleurs vulnérables aux accidents et aux maladies associés aux effets des changements climatiques en tenant compte de leurs conditions de travail et de leurs caractéristiques individuelles.

4.2.2 Piste se rapportant à la surveillance épidémiologique

- Définir des indicateurs d'accidents ou de maladies et recueillir l'information permettant la surveillance des effets attribuables aux facteurs climatiques.

4.2.3 Pistes se rapportant au développement de méthodes d'adaptation

- Recenser et évaluer les méthodes d'adaptation mises sur pied à l'échelle internationale.
- Développer des outils de formation afin de préparer les travailleurs du secteur de la santé aux conséquences potentielles des changements climatiques, notamment des coups de chaleur, des zoonoses et des maladies vectorielles transmissibles.
- Développer une gamme de vêtements de travail et autres équipements de protection conçus pour l'adaptation aux variabilités et aux extrêmes climatiques et qui favorisent leur port réel par les travailleurs.
- Explorer des méthodes d'adaptation aux changements climatiques via l'organisation et l'horaire de travail.
- Développer des méthodes pour sensibiliser et informer les milieux de travail (travailleurs et employeurs) des risques potentiels d'accidents et de maladies associés aux variabilités climatiques à court (orages violents et accidents) et à long terme (cancer de la peau et UV par exemple).

5. DISCUSSION

Le premier objectif de cette étude était de dresser un panorama général des liens entre les CC et leurs effets potentiellement néfastes sur la SST au Québec. La revue de la littérature réalisée à cet effet a mis en évidence les principaux dangers associés aux CC, leurs impacts potentiels sur la SST et les types d'industries potentiellement affectés.

Parmi les articles et documents consultés, un seul abordait l'ensemble des impacts des CC sur la SST, soit celui de Schulte et Chun [9]. Notre étude permet de conclure que l'évaluation régionale québécoise des relations entre les CC et la SST comporte de légères différences par rapport au cadre conceptuel développé par Schulte et Chun.

Comme ces auteurs l'ont fait, la revue de la littérature a permis l'identification de cinq expositions ou dangers qui pourraient avoir des effets directs ou indirects sur la SST (vagues de chaleur, polluants de l'air, rayonnements ultraviolets, événements météorologiques extrêmes, maladies vectorielles transmissibles et zoonoses). De plus, deux autres impacts qui pourraient avoir des conséquences sur le contexte socio-économique importantes ont été retenus. Il s'agit de la dégradation de l'environnement bâti et de l'émergence de nouvelles industries « vertes » et les nouveaux risques professionnels qui leur sont associés. Toutefois, à la différence du cadre d'analyse de Schulte et Chun [9], nous avons identifié trois impacts supplémentaires au niveau des ressources naturelles qui pourraient modifier l'environnement de travail. Il s'agit des changements dans les méthodes agricoles et d'élevage, des altérations dans l'industrie de la pêche et des perturbations de l'écosystème forestier.

Les différences observées avec le cadre de Schulte [9] peuvent s'expliquer de différentes façons. D'une part, il faut considérer que la présente étude s'adresse spécifiquement aux problématiques potentielles québécoises alors que le cadre général développé par Schulte et Chun [9] a été réalisé à une échelle plus globale. En conséquence, certains de leurs aspects ne s'appliquent pas au Québec. À titre d'exemple, la situation nordique du Québec rend peu probable l'exposition des travailleurs à la malaria et aux morsures de serpents venimeux. D'autre part, la consultation auprès d'un groupe de travail regroupant des intervenants des milieux directement concernés par les CC a clairement contribué à l'adaptation « régionale » du cadre conceptuel de Schulte et Chun [9], tel que recommandé par ces auteurs, en favorisant l'ajout d'informations plus spécifiques.

Les autres objectifs de cette étude portaient sur la mise en place d'une démarche favorisant la concertation et la réflexion nationale et internationale afin de dégager des pistes de recherche prioritaires au Québec. La constitution d'un groupe de travail et l'obtention d'un consensus sur des pistes de recherche qui conviennent à la fois aux perceptions des experts scientifiques et des représentants des secteurs d'activité québécois ont montré l'utilité de la démarche.

D'après les discussions et les consultations, il est clair que l'acquisition de connaissances sur les dangers et les populations cibles est un domaine de recherche prioritaire au Québec. Ceci est cohérent avec l'émergence de cette problématique en SST et avec le fait que ce sujet n'ait jamais fait l'objet d'études particulières au Québec ou dans un autre pays nordique industrialisé à climat tempéré. D'ailleurs, lors des ateliers, plusieurs représentants des secteurs d'activité ont confié

n'en avoir jamais réellement entendu parler. Toutefois, après avoir pris connaissance de la revue de la littérature, ils se disaient plutôt interpellés par les différents enjeux et ont participé activement aux discussions et à l'identification des pistes de recherche.

Le processus d'établissement des priorités de recherche, bien que spécifique au Québec, a mené à des résultats qui ne sont pas si éloignés des recommandations de Schulte et Chun [9]. En effet, plusieurs des items inscrits dans leur cadre de référence sont très proches des pistes de recherche prioritaires, à savoir l'acquisition générale de connaissances sur les liens entre CC et SST, de travail sur la communication du risque et de surveillance des effets sur la SST. À des fins de comparaison, la liste des pistes de recherche résultant des échanges lors des ateliers se retrouve à l'annexe D.

Considérations méthodologiques

En dépit de sa contribution à l'identification des liens entre les CC et la SST, cette étude présente certaines limites. Tout d'abord, l'étude portait sur les effets des CC sur la SST et n'a volontairement pas abordé l'ensemble des impacts des CC sur le marché du travail. Ainsi, les stratégies d'adaptation du marché du travail par rapport aux CC, les influences économiques de ceux-ci ou encore les effets détaillés des CC sur la biodiversité ou sur l'intégrité des ressources naturelles ont été exclus, en dépit de leur importance pour le monde du travail.

Deuxièmement, l'étude a focalisé sur les effets négatifs des CC. Les impacts des CC ne seront certainement pas tous néfastes sur la SST. Par exemple, des productions agricoles et forestières pourraient ainsi être favorisées, si leurs ravageurs sont contrôlés, augmentant ainsi les revenus et le nombre d'emplois dans ces industries, ce qui peut être bénéfique à la SST, bien que le revenu et le marché de l'emploi n'en soient pas des déterminants directs. De plus, certaines activités de tourisme, telles que le golf, la chasse et la pêche, pourraient voir leurs saisons de pratique prolongées, ce qui contribuerait à l'économie de cette industrie [6], bien que la pression visant à réduire les gaz à effet de serre puisse amener une réduction des touristes entrant par voyages aériens et terrestres [8]. Il est même rapporté que les CC pourraient être favorables à l'ensemble de l'économie québécoise et que la capacité d'adaptation au nouveau contexte climatique sera un élément crucial dans la réponse des industries face aux CC [6].

Troisièmement, la sélection des membres du groupe de travail s'est effectuée de façon à regrouper des experts sur les effets des CC identifiés dans la littérature et des représentants des secteurs industriels potentiellement affectés par les CC. Bien que justifiés, ces choix sont probablement responsables en partie du fait que très peu de nouveaux dangers ou de nouveaux secteurs industriels ont été identifiés lors des ateliers.

La sélection des membres du groupe de travail est aussi un des éléments critiques de la méthode Delphi utilisée ici pour identifier des priorités de recherche [76]; il est fort probable qu'un groupe constitué d'autres représentants des industries, d'intervenants provenant d'autres secteurs d'activité économique ou d'autres experts aurait conclu en des priorités de recherche différentes. De plus, les pistes de recherche prioritaires ont été obtenues à la suite de deux consultations et il est possible que des consultations additionnelles aient conduit à un résultat légèrement différent. Néanmoins, le consensus sur les pistes de recherche semble acceptable, car le degré d'unanimité

dans les choix était élevé et les items qui ont été exclus étaient généralement de faible portée, ne touchant par exemple qu'à un seul problème, spécifique d'un ou deux secteurs industriels.

Finalement, il importe de reconnaître que les priorités de recherche identifiées dans cette étude ont été établies à un moment précis, avec les connaissances scientifiques, politiques et économiques actuellement disponibles. Les conséquences des CC sur les emplois futurs entraîneront sans aucun doute des changements qui demanderont d'adapter l'agenda de recherche. Par exemple, les pressions internationales sur le développement d'industries plus « vertes » entraîneront des modifications sur le marché du travail, modifications qui sont déjà visibles dans les secteurs de l'énergie, des services postaux et des industries automobiles au Canada [8]. De ce fait, les priorités de recherche auront à être réévaluées pour tenir compte de l'évolution des connaissances sur les effets des CC, d'importants changements du marché du travail ou encore, de modifications majeures dans les prédictions climatiques au Québec.

6. CONCLUSION

Au cours des prochaines décennies, le contexte mondial des CC est susceptible d'imposer des modifications majeures pour certaines industries et professions. De grands défis devront être relevés puisque plusieurs problématiques émergentes auront vraisemblablement des impacts sur l'environnement de travail. Chacune des problématiques devra être examinée en tenant compte des contraintes environnementales, sociales et économiques, souvent en contradiction. Dans ce contexte et à la lumière des résultats obtenus dans le cadre de cette étude, le groupe de recherche considère important de poursuivre des études dans le cadre de trois grandes orientations prioritaires, soient celles relatives à l'acquisition de connaissances sur les dangers et les populations cibles, à la surveillance épidémiologique en collaboration avec les partenaires de santé publique et au développement de méthodes d'adaptation.

BIBLIOGRAPHIE

1. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), 2007. Changements climatiques 2007 : Rapport de synthèse. [En ligne]. Disponible à l'adresse URL: www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_fr.pdf. Page consultée le 01 octobre 2010.
2. Santé Canada, 2008. Santé et Changements climatiques : Évaluation des vulnérabilités et de la capacité d'adaptation au Canada. Publications du Gouvernement du Canada. 546 p.
3. Rosenthal, J. et C. Jessup. 2009. Global Climate Change and Health: Developing a Research Agenda for the NIH. *Trans Am Clin Climatol Assoc.* 120: 129–41.
4. Programme des nations unies pour l'environnement (PNUE), 2008. Les changements climatiques, ses conséquences sur l'emploi et l'action syndicale. [En ligne]. Disponible à l'adresse URL: http://www.unep.org/labour_environment/PDFs/training/CC-COVERTOINTRO-FR.pdf. Page consultée le 01 octobre 2010.
5. D'Amato, G. et L. Cecchi. 2008. Effects of climate change on environmental factors in respiratory allergic diseases. *Clin Exp Allergy.* 38(8): 1264-74.
6. Desjarlais, C. et al. 2010. Savoir s'adapter aux changements climatiques. OURANOS, Montréal. 124 p. [En ligne]. Disponible à l'adresse URL: http://www.ouranos.ca/media/nouvelle/document/53_ssc21_06_lr.pdf. Page consultée le 01 octobre 2010.
7. World Health Organization. 2005. Gender, climate change and health- Draft discussion paper. [En ligne]. Disponible à l'adresse URL: http://www.who.int/globalchange/publications/reports/final_who_gender.pdf. Page consultée le 01 octobre 2010.
8. Lipsig-Mumme, C. et al. 2010. What do we know? What do we need to know? The Implications of Global Climate Change for Canadian Work and Employment. Work in a Warming World Research Programme.[En ligne]. Disponible à l'adresse URL: <http://www.workinawarmingworld.yorku.ca/projects/what-do-we-know-what-do-we-need-to-know/>. Page consultée le 30 janvier 2012.
9. Schulte, P. et Chun, H. 2009. Climate Change and Occupational Safety and Health: Establishing a Preliminary Framework. *J Occup Environ Health.* 6: 542–54.
10. Harrington, J.M. 1994. Research priorities in occupational medicine: a survey of United Kingdom medical opinion by the Delphi technique. *Occup Environ Med.* 51: 289-94.
11. LoVecchio, F. et al. 2007. Outcomes after environmental hyperthermia *Am J Emerg Med.* 25(4): 442-4.
12. National Oceanic and Atmospheric Administration. 2010. Heat waves. A major summer killer. [En ligne]. Disponible à l'adresse URL: <http://www.nws.noaa.gov/om/brochures/heatwave.pdf>. Page consultée le 01 octobre 2010.
13. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2007. Working Group II Report "Impacts, Adaptation and Vulnerability" Chapter 8 : Human Health. [En ligne]. Disponible à l'adresse URL: <http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg2.htm>. Page consultée le 01 octobre 2010.
14. Tanaka, M. 2007. Heat Stress Standard for Hot Work Environments in Japan. *Ind Health.* 45: 85–90.

15. Kjellstrom, T. et al. 2009. The 'Hothaps' programme for assessing climate change impacts on occupational health and productivity: an invitation to carry out field studies. *Glob Health Action*. 2: 10-7.
16. Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail (CCHST). 2011. « Indice humidex et le travail. » Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail. [En ligne]. Disponible à l'adresse URL: http://www.cchst.ca/oshanswers/phys_agents/humidex.html. Page consultée le 31 août 2011.
17. Kjellstrom, T. et al. 2010. Public health impact of global heating due to climate change: potential effects on chronic non-communicable diseases. *Int J Public Health*. 55: 97-103.
18. Gordon, C.J. 2005. Chapitre 7. Environmental stress, dans *Temperature and toxicology. An integrative comparative and environmental approach*. Taylor and Francis, Boca Raton. Floride. p. 195-231.
19. Gordon, C.J. 2005. Chapitre 4. Temperature effects on chemical toxicity, dans *Temperature and toxicology. An integrative comparative and environmental approach*. Taylor and Francis, Boca Raton. Floride. p. 107-41.
20. Ramsey, J.D. 1995. Task performance in heat: a review. *Ergonomics*. 38: 154-65.
21. Ramsey, J.D. et al. 1983. Effects of workplace thermal conditions on safe work behaviour. *J Saf Res*. 14 (3) : 105-14.
22. Tawatsupa, B. et al. 2010. The association between overall health, psychological distress, and occupational heat stress among a large national cohort of 40,913 Thai workers. *Glob Health Action*. 3: 10-20.
23. Grandjean A.C. et N.R. Grandjean. 2007. Dehydration and cognitive performance. *J Am Coll Nutr*. 26(5 Suppl): 549-54.
24. Statistique Canada. 2011. Tableau 102-0540 - Décès, selon la cause, Chapitre XX : Causes externes de morbidité et de mortalité (V01 à Y89), le groupe d'âge et le sexe, Canada, annuel (nombre), CANSIM (base de données). [En ligne]. Disponible à l'adresse URL: <http://www5.statcan.gc.ca/cansim/a01?lang=fra>. Page consultée le 31 août 2011.
25. Letard, M. et al. 2004. La France et les Français face à la canicule: les leçons d'une crise [France and the French facing the heat wave: lessons from a crisis]. Rapport d'Information No. 195 (2003-2004) fait au nom de la mission commune d'information du Sénat. [En ligne]. Disponible à l'adresse URL: <http://www.senat.fr/rap/r03-195/r03-1951.pdf>. Page consultée 01 octobre 2010.
26. Centers for Disease Control and Prevention. 2008. Heat-Related Deaths Among Crop Workers, United States, 1992-2006. [En ligne]. Disponible à l'adresse URL: <http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm5724a1.htm>. Page consultée le 01 octobre 2010.
27. Marszałek, A. et al. 2005. Assessment of work ability in a hot environment of workers of different ages. *Int Congress Ser*. 1280 : 208-13.
28. Jay, O. et G.P. Kenny. 2010. Heat exposure in the Canadian workplace. *Am J Ind Med*. 53(8): 842-53.
29. Park, E-K. et al. 2009. Use of Personal Protective Equipment in Agricultural Workers under Hot and Humid Conditions- Letter to editor. *Ind Health*. 47: 200-1.
30. Bernard, T.E. 1999. Heat stress and protective clothing: An emerging approach from the United States. *Ann Occup Hyg*. 43(5): 321-7.

31. Walker, S.M. et al. 2001. The combined effect of heat and carbon monoxide on the performance of motorsport athletes. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol.* 128(4): 709-18.
32. U.S. Department of Labor. Mine Safety and Health Administration. 2010. Heat Stress in Mining. [En ligne]. Disponible à l'adresse URL: <http://www.msha.gov/s&hinfo/heatstress/manual/heatmanual.htm>. Page consultée le 01 octobre 2010.
33. Morioka, I. et al. 2006. Hot environment and health problems of outdoor workers at a construction site. *Ind Health.* 44(3): 474-80.
34. Noweir, M.H. et A.O. Bafail. 2008. Study of summer heat exposure at the ground services operations of a main international airport in Saudi Arabia. *Environ Monit Assess.* 145(1-3): 103-11.
35. Crowe, J. et al. 2009. A pilot field evaluation on heat stress in sugarcane workers in Costa Rica: What to do next? *Glob Health Action.* 11 (2): 1-10.
36. Brauer, M. et al. 1996. Effect of ambient ozone exposure on lung function in farm workers. *Am J Respir Crit Care Med.* 154(4 Pt 1): 981-7.
37. Peden, D et C.E. Reed. 2010. Environmental and occupational allergies. *J Allergy Clin Immunol.* 125 (2) suppl-2. 150-60.
38. Cheng, M-F. et al. 2007. Air Pollution and Hospital Admissions for Pneumonia in A Tropical City: Kaohsiung, Taiwan. *J Toxicol Environ Health, Part A.* 70: 2021-6.
39. Ayres, J.G. et al. 2009. Air pollution and asthma severity in adults. *Occup Environ Med.* 66: 182-8.
40. Apte, M.G. et al. 2007. Outdoor ozone and building related symptoms in the base study. *Indoor Air.* 18(2): 156-70.
41. Dominici, F. et al. 2006. Fine particulate air pollution and hospital admission for cardiovascular and respiratory diseases. *JAMA.* 295 (10) : 1127-34.
42. Goldberg, M.S. et al. 2001. Identification of persons with cardiorespiratory conditions who are at risk of dying from the acute effects of ambient air particles, *Environ. Health Perspect.* 109 (suppl. 4): 487-94.
43. Cohen, A.J. et al. 2005. The global burden of disease due to outdoor air pollution. *J Toxicol Environ Health, Part A.* 68: 1-7.
44. Lucas, R.M. et al. 2008. Estimating the global disease burden due to ultraviolet radiation exposure. *Int J Epidemiol.* 37: 654-67.
45. Gallagher, R.P. et T.K. Lee. 2006. Adverse effects of ultraviolet radiation: A brief review. *Prog Biophys Mol Biol.* 92: 119-31.
46. Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail (CCHST). 2011. « Cancer de la peau et le soleil. » Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail. [En ligne] Disponible à l'adresse URL : http://www.cchst.ca/oshanswers/diseases/skin_cancer.html. Page consultée le 31 août 2011.
47. Centers for Disease Control and Prevention. 2010. NIOSH Workplace Safety and Health Topics- UV radiation. [En ligne]. Disponible à l'adresse URL : <http://www.cdc.gov/niosh/topics/uvradiation/> Page consultée le 01 octobre 2010.
48. National Agricultural Safety Database. 2002. The dark side of the sun: Sun exposure and Agriculture. [En ligne] Disponible à l'adresse URL: <http://nasdonline.org/document/928/d000769/the-dark-side-of-the-sun-sun-exposure.html>. Page consultée le 01 octobre 2010.

49. Arcury, T.A. et al. 2006. Treating Skin Disease : Self-Management Behaviors of Latino Farmworkers. *J Agromed.* 11(2): 27-35.
50. Wheaton, E. et al. 2007. Agricultural Adaptation to Drought (ADA) in Canada- The case of 2001-2002. Gouvernement du Canada- Climate change impacts and Adaptation programs. [En ligne]. Disponible à l'adresse URL: http://www.c-ciarn.uoguelph.ca/documents/agri_adapt_cc.pdf . Page consultée le 01 octobre 2010.
51. Tak, S. et al. 2007. Floodwater exposure and the related health symptoms among firefighters in New Orleans, Louisiana. *Am J Ind Med.* 50(5): 377-82.
52. Tak, S. et al. 2007. Depressive symptoms among firefighters and related factors after the response to Hurricane Katrina. *J Urban Health.* 84(2): 153-61.
53. Morgan, E.R. et R. Wall. 2009. Climate change and parasitic disease: farmer mitigation? *Trends Parasitol.* 25 (7): 308-13.
54. Gale, P. et al. 2009. The effect of climate change on the occurrence and prevalence of livestock diseases in Great Britain: a review. *J Appl Microbiol.* 106: 1409-23.
55. Boxall, A.B.A. et al. 2009. Impacts of Climate Change on Indirect Human Exposure to Pathogens and Chemicals from Agriculture. *Environ Health Perspect.* 117 (4): 508-14.
56. Ogden, N.H. et al. 2009. The emergence of Lyme disease in Canada. *Can Med Assoc J.* 180(12): 1221-4.
57. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). 2005. Recommendations for protecting outdoor workers from West Nile Virus Exposure. [En ligne]. Disponible à l'adresse URL: <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2005-155/> . Page consultée le 01 octobre 2010.
58. CPWR - The Center for Construction Research and Training. 2002. Hazard Alert. Lyme disease in Construction. [En ligne]. Disponible à l'adresse URL: <http://www.elcosh.org/en/document/1/d000001/hazard-alert%253A-lyme-disease-in-construction.html>. Page consultée le 01 octobre 2010.
59. Centers for Disease Control and Prevention. 2010. NIOSH Workplace Safety and Health Topics-Tick borne disease. [En ligne]. Disponible à l'adresse URL: <http://www.cdc.gov/niosh/topics/tick-borne/>. Page consultée le 01 octobre 2010.
60. Sverke, M. et al., 2002. No security: A meta-analysis and review of job insecurity and its consequences. *J Occup Health Psychol.* 7(3): 242-64.
61. Chakraborty, S. et al. 2008. Impacts of Global Change on Diseases of Agricultural Crops and Forest Trees. CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources. [En ligne]. Disponible à l'adresse URL: http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNADP262.pdf. Page consultée le 01 octobre 2010.
62. Mantell S. et P. Van Hove. 2008. Briefing: Agriculture and development. [En ligne]. Disponible à l'adresse URL: <http://about.greenfacts.org/pressroom/press-book/popup/080925-civil-engineer.pdf>. Page consultée le 01 octobre 2010.
63. Marrachi, G. et al. 2005. Impacts of present and future climate variability on agriculture and forestry in the temperate regions: Europe. *Clim Change.* 70: 117-35.
64. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2008. FAO Expert Workshop on Climate change implications for fisheries and aquaculture. [En ligne]. Disponible à l'adresse URL: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/i0203e/i0203e00.pdf>. Page consultée le 01 octobre 2010.

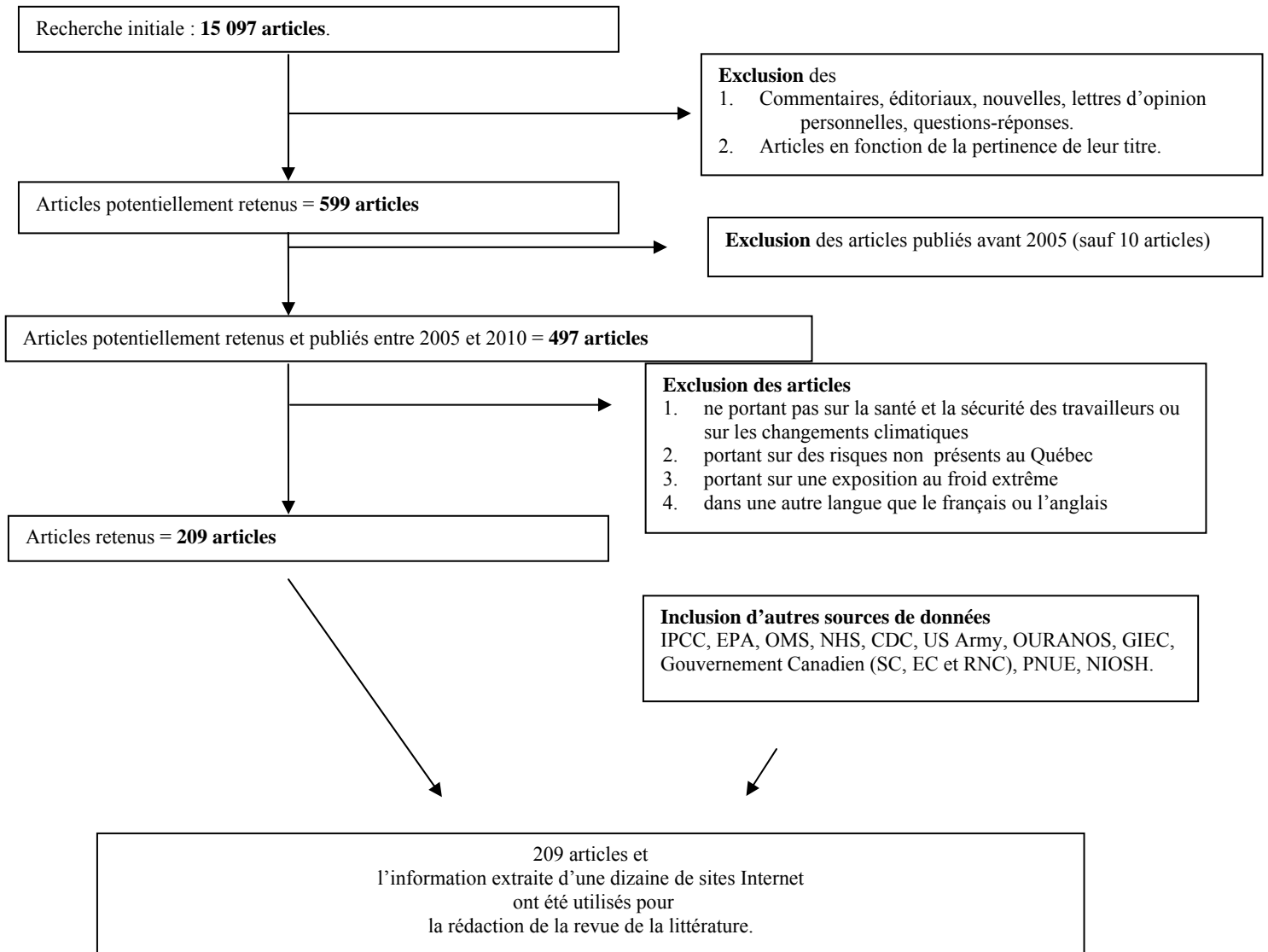
65. Fleming, L.E. et al. 2006. Oceans and human health: Emerging public health risks in the marine environment. *Mar Pollut Bull.* 53(10-12): 545–60.
66. Evans, A. M. et R. Perschel. 2009. A review of forestry mitigation and adaptation strategies in the Northeast U.S. *Clim Change.* 96:167–83
67. Infrastructure Canada. 2006. Adapting infrastructure to climate change in Canada's cities and communities- a literature review. [En ligne]. Disponible à l'adresse URL: <http://cbtadaptation.squarespace.com/storage/CdnInfrastructureAdaptation-LiteratureReview.pdf>. Page consultée le 01 octobre 2010.
68. Baker, C.J. et al. 2009. Climate change and the railway industry: a review. *J Mech Eng Sci.* 224 (3): 519-28.
69. Programme de Nations unies pour l'environnement (PNUE). 2008. Green Jobs: Towards decent work in a sustainable, low-carbon world. [En ligne]. Disponible à l'adresse URL : http://www.unep.org/labour_environment/PDFs/Greenjobs/UNEP-Green-Jobs-Report.pdf. Page consultée le 01 octobre 2010.
70. Centers for disease control and prevention (CDC). 2010. Prevention through design; Green, safe and healthy jobs. [En ligne]. Disponible à l'adresse URL: <http://www.cdc.gov/niosh/topics/ptd/greenjobs.html>. Page consultée le 01 octobre 2010.
71. Li, X. et al. 2006. A survey of radon level in underground buildings in China. *Env Int.* 32: 600–5.
72. Occupation Health and Safety. 2009. Cultivating safety at wind farms. [En ligne]. Disponible à l'adresse URL: <http://ohsonline.com/articles/2009/01/01/cultivating-windfarms.aspx>. Page consultée le 01 octobre 2010.
73. Madsen, A. et al. 2006. Characterization of Microbial Particle Release from Biomass and Building Material Surfaces for Inhalation Exposure Risk Assessment. *Ann Occup Hyg.* 50 (2): 175-87.
74. Madsen, A.M. 2006. Exposure to Airborne Microbial Components in autumn and spring during Work at Danish Biofuel plants. *Ann Occup Hyg.* 50 (8): 821-31.
75. Madsen, A.M. et al. 2009. Airborne Fungal and Bacterial Components in PM1 Dust from Biofuel Plants. *Ann Occup Hyg.* 53 (7): 749-57.
76. Iavicoli, S. et al. 2006. Research priorities in occupational safety and health: a review. *Ind Health.* 44(1): 169-78.

ANNEXES

Annexe A : Membres de l'équipe de recherche

Nom	Institutions-Affiliations	Expertise
Joseph Zayed Chercheur principal	Professeur titulaire, Université de Montréal; Responsable du champ de recherche Substances chimiques et agents biologiques, IRSST	Toxicologie Santé Environnementale et santé au travail Expologie et analyse du risque.
Audrey Smargiassi Co-chercheur	Titulaire de la Chaire sur la pollution de l'air, les changements climatiques et la santé; Professeure adjointe de clinique, Université de Montréal	Évaluation et estimation des risques en santé environnementale Expologie (larges populations)
France Labrèche Co-chercheur	Chercheure, IRSST; Professeure adjointe de clinique, Université de Montréal	Épidémiologie de la santé au travail Cancérologie professionnelle
Patrice Duguay Collaborateur	Professionnel scientifique Responsable du Groupe de connaissance et de surveillance statistique, IRSST	Indicateurs et caractéristiques des lésions professionnelles indemnisées Populations et des problèmes cibles
Marc-Antoine Busque Collaborateur	Professionnel scientifique IRSST	Indicateurs et caractéristiques des lésions professionnelles indemnisées Populations et des problèmes cibles
Ariane Adam-Poupart Collaboratrice	Agente de recherche Université de Montréal	Santé environnementale et santé au travail, Étudiante au Ph.D. en Toxicologie et analyse de risques
Charles Gagné Collaborateur	Conseiller en valorisation, IRSST	Valorisation des résultats

Annexe B : Identification des publications utilisées pour la revue de la littérature.



Annexe C : Membres du comité expert

Nom	Institutions-Affiliations	Expertise
Bourque, Alain	Chercheur, OURANOS (Consortium sur la climatologie régionale et l'adaptation aux changements climatiques)	1. Analyse climatique 2. Impacts et adaptation aux changements climatiques
Kjellstrom, Tord	Professeur invité au National Centre for Epidemiology and Population Health, Australian National University, Canberra, Australie Professeur honorifique, UCL, London Senior Professor, Umea University, Suède	3. Épidémiologie en santé environnementale et santé au travail, pollution de l'air et métaux toxiques 4. Santé et transport 5. Changements climatiques et santé 6. Effets de la chaleur en milieu de travail 7. Analyse en santé globale et santé urbaine
Notebaert, Éric	Hôpital Sacré-Coeur de Montréal. Professeur adjoint, Université de Montréal. Comité Santé-Environnement, Collège des Médecins de Famille du Québec Association Canadienne des Médecins pour l'Environnement.	8. Médecine d'urgence; soins critiques 9. Toxicologie
Rhains, Marc	Médecin spécialiste sur les radiations UV INSPQ	10. Rayonnements ultraviolets 11. Dermatologie et cancer de la peau 12. Santé environnementale, 13. Santé publique; épidémiologie
Rintamäki, Hannu	Chef d'équipe et Professeur au Physical Work Capacity du Finnish Institute of Occupational Health. Oulu, Finlande Institute of Biomedicine, Department of Physiology. University of Oulu, Finlande	14. Physiologie thermique 15. Capacité de travail 16. Effets des conditions climatiques et des types d'emploi sur la santé des travailleurs
Vaillancourt, Jean-Pierre	Professeur titulaire, Faculté de médecine vétérinaire - Sciences cliniques Université de Montréal	17. Épidémiologie 18. Médecine vétérinaire, 19. Maladies vectorielles
Villeneuve, Claude	Professeur titulaire, Université du Québec à Chicoutimi	20. Changements climatiques 21. Sciences environnementales; biodiversité

Annexe D : Liste des pistes de recherche résultant des échanges lors des ateliers.

1. Étudier la conception de bateaux qui prennent en compte les effets des changements climatiques et la SST (stabilité, ponts couverts contre les rayonnements UV, etc.).
2. Étudier et évaluer les nouveaux risques et les effets sur la SST des expositions extrêmes : érosion, fonte du pergélisol et ses effets (danger d'explosion associée à la libération du méthane, effondrements, etc.).
3. Participer aux activités de l'initiative visant l'utilisation de l'hydrogène dans les mines souterraines (travail sur la réglementation, aspects SST de l'étude-pilote d'implantation dans une mine, validation des mesures de sécurité, etc.).
4. Étudier la hausse du niveau des eaux dans le Nord du Québec et son impact potentiel sur la SST des travailleurs des ports en eau profonde.
5. Étudier les effets de l'augmentation des périodes de chaleur extrême sur la climatisation des mines (air extérieur utilisé pour ventiler les mines).
6. Étudier les effets des chaleurs extrêmes sur les périodes de « réentrée » dans les milieux agricoles et forestiers en considérant l'augmentation de la volatilité des pesticides (modification de l'absorption cutanée et des paramètres d'inhalation, des taux respiratoires, etc.).
7. Explorer le danger associé aux zoonoses chez les travailleurs exposés aux animaux et aux insectes (ex. : Maladie de Lyme, Virus du Nil, Encéphalite de St-Louis, Encéphalite de La Crosse, Encéphalite équine de l'Est, etc.).
8. Étudier les dangers d'exposition des travailleurs aux poussières de combustion liés à la récupération du bois brûlé et au reboisement sur brûlis, considérant l'augmentation potentielle des feux de forêts.
9. Étudier les contraintes thermiques dues aux vêtements et à l'équipement de protection (ex. : masques, scaphandres, casques, survêtements, etc.) en période de chaleur accablante.
10. Développer des méthodes pour sensibiliser et informer les milieux de travail (travailleurs et employeurs) aux risques potentiels des changements climatiques, en particulier pour les risques agissant à long terme (cancer de la peau et UV par exemple).
11. Explorer des méthodes d'adaptation aux changements climatiques via l'organisation de travail (ex. : dangers associés aux cadences de travail accélérées pour « finir le travail avant l'orage », possibilités de ralentissement de cadence lors de période de chaleur extrême sans affecter la productivité ou le service offert, etc.).

12. Vérifier si l'utilisation de matériaux plus verts n'apporte pas de risques supplémentaires à la santé par rapport aux matériaux traditionnels.
13. Étudier l'augmentation de la toxicité, du danger et des effets de certains produits (biologiques, chimiques) et de matériaux en période de chaleur extrême ou de pollution atmosphérique importante.
14. Explorer la problématique de la prolifération des bactéries et des virus pour les travailleurs (espaces clos ou autres milieux) associée à la chaleur ou à de fortes précipitations.
15. Recenser et évaluer les méthodes de mitigation mises sur pied dans d'autres pays.
16. Étudier les contraintes thermiques en fonction de la charge physique des travailleurs des éoliennes (montée et descente d'échelle, transport de charges lourdes, travail en espace confiné, etc.)
17. Étudier les risques à la santé des travailleurs lors des remises en état (« refurbishing ») des centrales nucléaires.
18. Définir des indicateurs et favoriser la surveillance des effets attribuables au climat (ex. coups de chaleur, accidents comme effets secondaires de la chaleur, etc.)
19. Développer des outils de formation afin de préparer les travailleurs du secteur de la santé aux conséquences des changements climatiques, notamment des coups de chaleur, des zoonoses et des maladies vectorielles.
20. Décrire les visites à l'urgence de façon à identifier celles qui seraient reliées aux effets des changements climatiques sur les travailleurs (particulièrement en lien avec la chaleur, les zoonoses et les maladies vectorielles).
21. Étudier certains événements climatiques extrêmes s'étant produits par le passé au Québec ou ailleurs dans le monde pour en tirer des leçons sur la façon d'y faire face et de s'y préparer.
22. Identifier les catégories de travailleurs vulnérables aux effets des changements climatiques : sous-secteurs ou professions les plus à risque, individus le plus à risque à cause de conditions personnelles (âge, prise de médicaments, etc.), informer les gens concernés et les surveiller.
23. Pour les risques déjà connus, étudier l'intensité des risques et les capacités d'adaptation.
24. Évaluer les besoins en termes de construction et d'adaptation des bâtiments/édifices afin qu'ils soient mieux conçus pour faire face aux changements climatiques (isolation pour meilleure efficacité de la climatisation).

25. Développer des vêtements et autres équipements de protection pour les adapter aux températures plus chaudes (ex. : nouveaux matériaux, couleur des casques, etc.) afin de favoriser leur port réel par les travailleurs.
26. Étudier les cultures des milieux de travail afin d'exercer une influence et de modifier les comportements « à risque » en lien avec le rayonnement UV.
27. Développer des méthodes pour alerter en temps réel les travailleurs et les employeurs des dangers à court terme des changements climatiques (ex. : comment transmettre le danger de la chaleur accablante de façon simple, claire et rapide).
28. Documenter et quantifier les lésions professionnelles associées à une exposition passée aux changements climatiques (période de canicule, période de smog, etc.). Ensuite, modéliser la morbidité et la mortalité chez les travailleurs en fonction des simulations climatiques futures.
29. Identification de nouveaux aéroallergènes, pathogènes responsables de zoonose et toxines marines qui pourraient migrer au Québec.
30. Analyser les « méthodes d'adaptation » en tenant compte des aspects de contraintes multiples et s'assurant que la mitigation d'une contrainte n'en entraîne pas une autre (par exemple, les équipements de protection personnelle qui accroissent la contrainte thermique).