

Substances chimiques et agents biologiques

Études et recherches

RAPPORT R-692



Exposition des travailleurs de la construction à la silice cristalline

Bilan et analyse de la littérature

(version corrigée)

*Charles Beaudry
Chantal Dion
Michel Gérin
Guy Perrault
Denis Bégin
Jérôme Lavoué*



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 : www.csst.qc.ca/AbonnementPAT

Dépôt légal

Bibliothèque et Archives nationales du Québec
2013
ISBN : 978-2-89631-660-1 (PDF)
ISSN : 0820-8395

IRSST - Direction des communications
505, boul. De Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : 514 288-1551
Télécopieur : 514 288-7636
publications@irsst.qc.ca
www.irsst.qc.ca
© Institut de recherche Robert-Sauvé
en santé et en sécurité du travail,
mars 2013



Substances chimiques et agents biologiques

Études et recherches

■ RAPPORT R-692

Exposition des travailleurs de la construction à la silice cristalline Bilan et analyse de la littérature (version corrigée)

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.

*Charles Beaudry¹, Chantal Dion², Michel Gérin¹,
Guy Perrault³, Denis Bégin¹, Jérôme Lavoué¹*

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

²Service de la recherche, IRSST

³Guy Perrault, Consultation en R&D et expertise en SST

Cliquez recherche
www.irsst.qc.ca



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

CONFORMÉMENT AUX POLITIQUES DE L'IRSST

Les résultats des travaux de recherche publiés dans ce document
ont fait l'objet d'une évaluation par des pairs.

REMERCIEMENTS

Le National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) des États-Unis et l'Institut de veille sanitaire (InVS) de France nous ont donné accès à plusieurs sources non publiées qui ont contribué à l'ampleur des données recueillies pour notre recherche. Nous tenons à remercier spécifiquement messieurs Alan Echt et Matt Gillen et madame Faye Rice du NIOSH ainsi que mesdames Laurène Delabre et Ellen Imbernon de l'InVS pour leur temps et les informations qu'ils nous ont fait parvenir. Leur collaboration à notre recherche a également permis de raffiner certains éléments de notre méthodologie.

Nous tenons particulièrement à souligner la contribution exceptionnelle de madame Mary Ellen Flanagan, responsable du projet de compilation des mesures d'exposition à la silice cristalline pour l'ex-comité construction de l'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). Elle a obtenu, de chacune de ses sources, l'autorisation de nous transmettre l'ensemble des données recueillies pour ce comité. Cette contribution représente près de 20 % de nos données.

Nous remercions également madame Mounia Senhaji Rhazi et monsieur Jean-François Sauvé de l'Université de Montréal pour leur contribution à certains éléments de notre rapport. Soulignons aussi la contribution à la recherche bibliographique de madame Maryse Gagnon, bibliothécaire à l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST). Des remerciements s'adressent également à Madame Lise Brière pour la révision du texte et Madame France C. Lafontaine et Madame Denise Mallette pour leur contribution à la mise en forme de ce document.

SOMMAIRE

La silice est un des composés inorganiques les plus répandus dans la nature. Sous la forme cristalline du quartz on la retrouve abondamment dans divers minéraux, dont le granite et le sable. Lorsque des matériaux contenant de la silice cristalline sont manipulés, le quartz peut se retrouver sous forme de poussière en suspension dans l'air. L'inhalation de cette poussière par les travailleurs peut causer diverses maladies des voies respiratoires, dont les plus invalidantes sont la silicose et le cancer pulmonaire.

Dans le secteur de la construction, l'exposition professionnelle à la silice cristalline est fréquente dans plusieurs métiers, en raison de sa présence dans de nombreux matériaux manipulés, par exemple le béton, le mortier et la brique, et à cause des procédés mis en œuvre impliquant des opérations telles que le cassage, le meulage ou le sciage. Au Québec, tout comme dans d'autres juridictions, les niveaux d'exposition à la silice cristalline dans le secteur de la construction dépassent encore fréquemment les valeurs limites réglementaires. Plusieurs cas de maladies professionnelles sont indemnisés par la Commission de la santé et de la sécurité du travail dans ce secteur.

Le domaine de la construction est complexe avec une multitude de métiers, de tâches, de matériaux et d'outils pouvant être reliés à l'exposition à la silice cristalline. Les intervenants en santé au travail du Québec ne disposent pas d'un bilan des connaissances qui permettrait de hiérarchiser les actions de prévention en fonction de la réalité québécoise dans ce secteur d'activité. Dresser un tel portrait était l'objectif général de cette recherche, avec comme objectifs plus spécifiques d'identifier les postes et fonctions les plus à risque en fonction de leur niveau d'exposition, d'identifier les divers moyens de maîtrise de l'exposition tout en documentant leur efficacité et d'élaborer une base de données relationnelle sur l'exposition aux poussières de silice, compilant les données de la littérature sous une forme utilisable par des chercheurs ou des intervenants.

Un élément clé de la méthode a consisté en l'élaboration d'une banque de données d'exposition professionnelle à la silice dans la construction, provenant d'une recherche exhaustive des diverses sources documentaires de la littérature scientifique internationale (articles de périodiques, rapports d'organismes publics et privés, banques de données). Une telle banque permet d'associer aux résultats de mesures (niveaux d'exposition) une série de paramètres permettant de les qualifier, lesquels sont reliés aux circonstances de l'exposition et de l'échantillonnage. Cette stratégie a été préférée à la méthode plus classique de revue de littérature, qui consiste à analyser individuellement les données d'articles de périodique et à synthétiser l'information sous forme de tableaux présentant chaque étude séparément, mais qui sont difficiles d'interprétation à cause de leur hétérogénéité. Au total, sur plus de 500 documents recensés, 116 ont été retenus comme contenant des informations pertinentes sur les niveaux d'exposition. Par ailleurs 67 documents portant spécifiquement sur les moyens de maîtrise ont été analysés.

La banque de données d'exposition met en relation 4 251 niveaux d'exposition à la silice cristalline respirable avec 76 paramètres incluant notamment le titre d'emploi, la tâche, l'outil, le matériau et le moyen de maîtrise utilisé. L'analyse descriptive des données indique que les titres

d'emploi les plus à risque dans la construction peuvent être classés en trois groupes en fonction de leur niveau d'exposition. Les travailleurs souterrains (manœuvre spécialisé, manœuvre pipeline, arpenteur et foreur) ainsi que les opérateurs d'équipement lourd aux commandes de tunneliers forment un premier groupe, exposé nettement au-dessus de la valeur réglementaire du Québec (de deux à quatre fois). Les cimentiers-applicateurs, les briqueteurs-maçons, les foreurs, les manœuvres spécialisés et les opérateurs d'équipement lourd aux commandes de fraiseuses routières représentent un deuxième groupe, exposé en moyenne à des niveaux supérieurs ou proches de la valeur réglementaire. Les manœuvres spécialisés (carreleurs), les manœuvres (journaliers), les opérateurs d'usines fixes et mobiles et les opérateurs d'équipement lourd (autres que les opérateurs de fraiseuses routières et tunneliers) représentent un troisième groupe exposé entre la valeur réglementaire et sa moitié.

Les tâches et outils les plus exposants (tous au-dessus de deux fois la valeur réglementaire pendant la durée de la tâche) sont, en ordre décroissant : le sciage de pièces de maçonnerie avec scie portative à maçonnerie, le bouchardage, le cassage de pièces de maçonnerie (marteaux perforateurs-piqueurs sur béton ou céramique), le forage de tunnels (tunnelier) et le meulage de joints de brique/pierre.

La recherche bibliographique indique que la substitution de la silice cristalline doit être encouragée lorsque cela est possible, mais qu'elle demeure, la plupart du temps, difficilement envisageable dans le secteur de la construction à cause de sa présence dans plusieurs des matériaux de base utilisés. Les moyens techniques de maîtrise de l'exposition tels que l'arrosage et la ventilation par aspiration à la source, intégrés aux outils, sont bien connus et permettent de diminuer de façon importante la concentration de poussières de silice cristalline dans l'air, avec une efficacité dépassant généralement 90 %. Cependant ces moyens ne permettent pas de se conformer, dans la grande majorité des cas, aux valeurs limites d'exposition des différents pays et organismes, tout en ayant une influence négative sur la performance des opérations. Il est donc recommandé d'améliorer le plus possible l'utilisation de ces moyens techniques et d'appliquer des règles de bonne pratique, par exemple par l'adoption de certaines méthodes de travail permettant d'émettre moins de poussières et par le réglage et l'entretien des outils et des équipements. Il est recommandé d'utiliser, en complémentarité, la protection respiratoire.

Finalement il serait souhaitable que la présente étude soit complétée par l'élaboration de documents de vulgarisation pour les travailleurs et employeurs du secteur, qui cibleraient les moyens de maîtrise disponibles selon les diverses tâches effectuées et les outils utilisés. Par ailleurs, la banque de données d'exposition professionnelle élaborée dans le cadre de ce projet devrait être exploitée de façon plus approfondie par modélisation, afin d'étudier en détail l'influence des multiples paramètres gouvernant l'exposition professionnelle à la silice cristalline dans la construction. Il est également recommandé que soit étendue en deçà de 1990 la période temporelle couverte par la revue de littérature pour rendre l'outil utilisable pour l'évaluation rétrospective de l'exposition à la silice.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS.....	I
SOMMAIRE	III
ACRONYMES ET SIGLES	IX
1. INTRODUCTION.....	1
2. PROBLÉMATIQUE DE SANTÉ AU TRAVAIL ET OBJECTIFS DE LA RECHERCHE	3
3. MÉTHODOLOGIE.....	5
3.1 Recherche des sources de données d'exposition.....	5
3.2 Sélection des documents	5
3.3 Élaboration d'une banque de données de mesures d'exposition	6
3.3.1 Sélection des paramètres.....	6
3.3.2 Adaptation québécoise de certains paramètres	6
3.4 Compilation de l'information	7
3.5 Transformation des données.....	7
3.6 Statistiques descriptives.....	8
3.7 Identification et évaluation des moyens de maîtrise	9
3.8 Élaboration d'une base de données relationnelle.....	9
4. RÉSULTATS.....	11
4.1 Sources de données d'exposition et de maîtrise de l'exposition.....	11
4.2 Paramètres de la banque de données	12
4.3 Répartition des données d'exposition.....	13
4.4 Exposition à la silice cristalline respirable.....	14
4.4.1 Exposition selon le titre d'emploi	15
4.4.2 Exposition selon la tâche exécutée, les matériaux et les outils.....	17
4.4.3 Présentation d'autres paramètres pouvant affecter l'exposition	21

4.5	Moyens de maîtrise de l'exposition	23
4.5.1	Identification des moyens de maîtrise.....	23
4.5.2	Moyens de maîtrise spécifiques à certains outils.....	27
4.5.3	Évaluation de l'efficacité des moyens de maîtrise.....	30
4.6	Base de données relationnelle	33
5.	DISCUSSION.....	35
5.1	Analyse des niveaux d'exposition	35
5.2	Analyse des moyens de maîtrise et de leur efficacité	38
6.	CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS.....	41
6.1	Emplois et tâches les plus exposés	41
6.2	Les moyens de maîtrise et leur efficacité	41
6.3	Valorisation de la recherche	42
6.4	Activités de recherche futures.....	42
6.4.1	Exploitation de la banque de données par simulation numérique et modélisation statistique	42
6.4.2	Extension de la période temporelle couverte par la revue de littérature.....	42
	BIBLIOGRAPHIE.....	44
	ANNEXES.....	54
	ANNEXE 1. LISTE DES 116 SOURCES DE LA BANQUE DE DONNÉES	55
	ANNEXE 2. CHAMPS D'INFORMATION RECUEILLIS DANS CHAQUE SOURCE ...	67
	ANNEXE 3. CODIFICATION DANS LA BANQUE DE DONNÉES SILICE	71
	ANNEXE 4. NIVEAUX D'EXPOSITION SELON LE TITRE D'EMPLOI.....	85
	ANNEXE 5. NIVEAUX D'EXPOSITION SELON LA TÂCHE EXÉCUTÉE	87
	ANNEXE 6. NIVEAUX D'EXPOSITION SELON LE MATÉRIAU	91
	ANNEXE 7. NIVEAUX D'EXPOSITION SELON L'OUTIL UTILISÉ	93

**ANNEXE 8. NIVEAUX D'EXPOSITION ASSOCIÉS À L'EMPLOI - AUTRES
SOURCES DE DONNÉES..... 95**

**ANNEXE 9. NIVEAUX D'EXPOSITION ASSOCIÉS À LA TÂCHE – AUTRES
SOURCES DE DONNÉES..... 97**

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 – Répartition des sources de données 11
Tableau 2 – Répartition des données 13
Tableau 3 – Résultat de la transformation des données d'exposition..... 13
Tableau 4 – Répartition de certains paramètres identifiés dans la BD 14
Tableau 5 - Réduction de l'exposition en utilisant un moyen de maîtrise tel que
rapporté dans divers documents 31

LISTE DES FIGURES

Figure 1 – Exposition à la silice cristalline respirable selon le titre d'emploi..... 16
Figure 2 – Exposition à la silice cristalline respirable selon la tâche 18
Figure 3 – Exposition à la silice cristalline respirable selon le matériau 18
Figure 4 – Exposition à la silice cristalline respirable selon l'outil..... 19
Figure 5 – Impact de l'utilisation d'un moyen de maîtrise sur l'exposition durant
une tâche..... 22

ACRONYMES ET SIGLES

ACGIH : American Conference of Governmental Industrial Hygienists
AIHA : American Industrial Hygiene Association
APR : Appareil de protection respiratoire
ASTM : American Standard for Testing and Materials
BD : Banque de données
BDME : Banque de données de mesures d'exposition professionnelle
BGBAU : Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (Caisse de prévoyance contre les accidents dans l'industrie du bâtiment)
BGIA : Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz (Institut pour la sécurité et la santé au travail)
BIOSIS : Biosciences Information Service
BIT : Bureau international du travail
BTP : Bâtiment et travaux publics
CIRC : Centre international de recherche sur le cancer
CISDOC : Base documentaire du Centre international d'informations de sécurité et de santé au travail
COLCHIC : COLlecte des données recueillies par les laboratoires de CHimie de l'Inrs et des Cram
COSH : Commission for Occupational Safety and Health
Cram : Caisse régionale d'assurance maladie
CSST : Commission de la santé et de la sécurité du travail
EMBASE : Excerpta Medica Database
ERG : Eastern Research Group
ETG : Écart-type géométrique
HSE : Health and Safety Executive
HSELINE : Health and Safety Executive on Line
IAPA : Industrial Accident Prevention Association
INRS : Institut national de recherche et de sécurité
InVS : Institut de veille sanitaire
IRSST : Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail
LD : Limite de détection
MA : Moyenne arithmétique
Max : Valeur la plus élevée
MDHS : Method for the Determination of Hazardous Substances
MG : Moyenne géométrique
Min : Valeur la plus faible
mppcf : Million particles per cubic foot
n : Nombre de mesures
NA : Non applicable
nE : Nombre d'études
NEDB : National Exposure Database
NIOSH : National Institute for Occupational Safety and Health
NIOSHTIC : National Institute for Occupational Safety and Health Technical Information Center

NP : Non précisé

OMS : Organisation mondiale de la santé

OSHA : Occupational Safety and Health Administration

P25 : 25^e centile

P75 : 75^e centile

P90 : 90^e centile

PNOS : Particles Not Otherwise Specified

PVC : Polyvinyl chloride

RSST : Règlement sur la santé et la sécurité du travail

SCIAN : Système de classification des industries de l'Amérique du Nord

SO : Sans objet

TLV : Threshold Limit Value

TWA : Time-Weighted Average

VEA : Valeur d'exposition admissible

VEMA : Valeur d'exposition moyenne ajustée

VEMP : Valeur d'exposition moyenne pondérée

VLE : Valeur limite d'exposition

1. INTRODUCTION

Le Plan d'action construction de la Commission de la santé et de la sécurité du travail (CSST) cherche, depuis plus de dix ans déjà, à réduire les risques majeurs dans le secteur du bâtiment et travaux publics (BTP). Chaque année le Plan d'action, révisé, cible des dangers spécifiques et fait émerger de nouvelles problématiques. Le Plan 2007 marque le début d'interventions ciblées, lors de travaux susceptibles d'émettre des poussières de silice cristalline (quartz), autres que le grenailage au jet de sable, dans des espaces peu aérés et en l'absence de mesures de maîtrise à la source et de protection respiratoire appropriée [1]. La problématique spécifique du grenailage au jet de sable est exclue de ce rapport, ayant déjà été traitée dans le passé dans des études pour ce secteur [2, 3, 4, 5, 6].

Une étude de la Direction de santé publique (Agence de la santé et des services sociaux de Montréal) réalisée dans le secteur du BTP en 2002-2003 confirme une situation de surexposition avec près de 50 % des 120 mesures prises lors de travaux de construction, qui dépassaient la valeur d'exposition admissible du Règlement sur la santé et la sécurité du travail (RSST) [7].

Les observations de la Direction de santé publique en ce qui a trait à l'évaluation du risque, à l'exposition et à la maîtrise de l'exposition semblent confirmées par une analyse préliminaire de la littérature scientifique. Des chercheurs des Pays-Bas [8, 9] concluent que beaucoup de travailleurs de la construction sont exposés à des concentrations de silice cristalline qui dépassent la valeur limite d'exposition nationale de $0,075 \text{ mg/m}^3$, que ces travailleurs sont à risque élevé de contracter la silicose, qu'il y a une lacune importante à travers le monde sur le nombre et la qualité des mesures d'exposition et que l'efficacité des mesures de maîtrise est mal connue. Une étude britannique [10] arrive aux mêmes conclusions. Des chercheurs des États-Unis [11] ont, pour leur part, compilé 1 374 résultats de concentrations de quartz en zone respiratoire chez des travailleurs de la construction. Ils ont construit une banque de données qui documente la tâche, les outils utilisés, le métier, le degré de confinement des lieux, le secteur de la construction, l'objet ou la raison d'être du chantier, les moyens de maîtrise de l'exposition et les caractéristiques de prélèvement et d'analyse. Ils concluent que l'exposition des travailleurs à la silice cristalline sur les chantiers de construction est élevée ou extrêmement élevée, que les éléments de maîtrise de l'exposition sont rarement utilisés et souvent inefficaces et qu'il y a un besoin évident de recherches additionnelles pour mieux caractériser les tâches à risque et les stratégies de prévention.

Plusieurs publications, dont celles de Tjoe Nij et coll., Beamer et coll., Thorpe et coll. et Akbar-Khanzadeh et coll. [12-15] ont évalué l'efficacité de moyens spécifiques de maîtrise de l'exposition dans les chantiers de construction. Il en ressort que ce type d'étude est complexe à cause du grand nombre de paramètres, que les moyens de maîtrise permettent de diminuer l'exposition, mais que, pour atteindre un niveau inférieur aux valeurs d'exposition admissibles, il faut utiliser une combinaison de plusieurs moyens de protection.

Le domaine de la construction est complexe : multiplicité des tâches, mobilité de la main-d'œuvre, nature éphémère des chantiers et profusion de paramètres qui influencent l'exposition du travailleur à la silice cristalline. Il serait souhaitable de disposer d'un bilan des connaissances sur les niveaux d'exposition associés aux emplois et aux tâches à risque. Ceci permettrait de mieux planifier les actions requises pour la prévention de la silicose et des autres maladies

associées à la silice chez les travailleurs de la construction et de mettre en évidence les emplois et les tâches les plus à risque sur lesquels il faut agir en priorité.

2. PROBLÉMATIQUE DE SANTÉ AU TRAVAIL ET OBJECTIFS DE LA RECHERCHE

L'exposition professionnelle à la silice cristalline est un problème universel. L'organisation mondiale de la santé (OMS) conjointement avec le Bureau international du travail (BIT) gère depuis 1995 un *Programme mondial pour l'élimination de la silicose*, alors que le NIOSH aux États-Unis a initié en 2005 un programme intitulé *Elimination of Silicosis in the Americas* [16]. L'Union européenne a reconnu l'importance de cette problématique dans plusieurs secteurs, dont celui du BTP en publiant en 2006 dans son journal officiel un guide de bonnes pratiques pour la manipulation de la silice cristalline et des produits qui en contiennent [17].

Une exposition prolongée aux poussières respirables contenant de la silice cristalline peut causer la silicose, une maladie pulmonaire qui se caractérise par une fibrose progressive des poumons [18]. De plus, le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) a classifié la silice cristalline comme un cancérigène pour l'humain (groupe 1), lorsqu'elle est inhalée en milieu de travail sous forme de quartz ou de cristobalite [19], alors que l'ACGIH [20] et le Règlement sur la santé et la sécurité du travail du Québec (RSST) [21] classifient le quartz comme cancérigène soupçonné chez l'humain. En mars 2009, le CIRC a réaffirmé la cancérigénicité de la silice cristalline (groupe 1) [22].

La silice cristalline est une importante composante de nombreux matériaux de construction, dont les plus courants sont le sable, le béton, le ciment, la pierre, la brique et le mortier. Les travailleurs de la construction peuvent être exposés à la silice cristalline respirable pendant des activités, telles que la démolition d'ouvrages de maçonnerie ou d'autres ouvrages en béton, le broyage, le chargement, le transport et le déchargement de roches, le balayage à sec ou le soufflage à l'air comprimé de poussières de béton, de pierre ou de sable [23]. La silice cristalline peut aussi être présente dans des enrobés bitumineux, des recouvrements de toiture, des matériaux composites et des composés à joint de panneau de revêtement, des peintures, le plâtre, le matériau de calfeutrement, le mastic, etc. [24]. Les travaux de construction peuvent donc, chez certains travailleurs, être à l'origine d'atteintes pulmonaires tel la silicose et le cancer du poumon.

Peters et coll. ont estimé récemment à 71 000 le nombre total de travailleurs québécois exposés à la silice cristalline, toutes industries confondues. Plus spécifiquement pour l'industrie de la construction, ils rapportent que 30 000 travailleurs seraient exposés chez les entrepreneurs spécialisés (SCIAN¹ 238), 11 000 dans la construction de bâtiments (SCIAN 236), 3 900 dans les travaux de génie civil (SCIAN 237) et 1 100 dans la construction de routes, de rues et de ponts (SCIAN 2373) [25]. Le service statistique de la CSST a recensé, dans le secteur du BTP, 19 décès indemnisés inscrits entre 1995 et 2009 reliés à l'exposition à la silice [26]. Selon d'autres données statistiques observées avec deux ans de maturité pour les années d'événements de 1995 à 2007, la CSST a dénombré, dans le secteur du BTP, 12 cas de silicose parmi un total de 194 cas de maladies pulmonaires indemnisées dans ce secteur [27].

¹ Système de classification des industries de l'Amérique du Nord, secteur 23, Construction : <http://stds.statcan.gc.ca/naics-scian/2002/ts-rt-fra.asp?criteria=23>

L'objectif général de l'activité de recherche qui fait l'objet de ce rapport était de fournir aux intervenants en santé et sécurité du travail du Québec un bilan des connaissances permettant de mieux cibler les actions de prévention relatives à l'exposition à la silice cristalline dans le secteur de la construction. Les objectifs spécifiques de cette activité de recherche étaient :

1. Identifier les emplois et les tâches les plus à risque dans le milieu de la construction selon la réalité québécoise en fonction de leur niveau d'exposition (à l'exclusion du grenailage au jet de sable);
2. Identifier les différents moyens de maîtrise de l'exposition à la silice cristalline dans le secteur de la construction et en documenter l'efficacité;
3. Élaborer une base de données relationnelle de mesures d'exposition aux poussières de silice cristalline dans le secteur de la construction, compilant les données de la littérature sous une forme utilisable par des intervenants ou des chercheurs.

3. MÉTHODOLOGIE

Afin d'atteindre les trois objectifs cités précédemment, ce travail est basé sur une compilation exhaustive de la littérature scientifique internationale et sur son interprétation, en tenant compte de la réalité québécoise. Un élément clé de la méthode a consisté en l'élaboration d'une banque de données de mesures d'exposition professionnelle (BDME) rassemblant l'ensemble des mesures reliées à la silice dans la construction, provenant des diverses sources documentaires existantes (sections 3.1 à 3.5). Cette BDME a été construite sur le modèle des banques de données d'exposition professionnelle (BDEP), comme COLCHIC [28] et NEDB [29], élaborées par divers organismes publics à partir des mesurages effectués dans les milieux de travail sous leur juridiction. Ces dernières associent aux résultats des mesures (niveaux d'exposition) une série de paramètres prédéterminés permettant de les qualifier, lesquels sont reliés aux circonstances de l'exposition et du prélèvement [30]. Ces banques peuvent ensuite être analysées de façon à mettre en relation les niveaux d'exposition et les divers paramètres.

La stratégie de créer une BDME a été préférée à la méthode plus classique de revue de littérature qui consiste à analyser individuellement les sources de données et à synthétiser l'information sous forme de tableaux présentant chaque étude séparément, mais difficiles d'interprétation à cause de leur hétérogénéité [31]. Les statistiques descriptives présentées dans ce rapport résultent de l'analyse d'une telle BDME, en fonction de paramètres adaptés au contexte québécois du secteur de la construction (section 3.6).

Par contre, en ce qui concerne l'identification et l'évaluation des moyens de maîtrise de l'exposition, la méthode (section 3.7) a été axée sur une analyse critique de nature classique des sources documentaires portant spécifiquement sur cette thématique. L'accent a été mis sur les moyens de maîtrise à la source. La protection respiratoire a été mentionnée, mais le choix et l'utilisation des équipements de protection respiratoire n'ont pas été détaillés, étant donné la variété des situations et des contextes réglementaires.

3.1 Recherche des sources de données d'exposition

La recherche systématique de la littérature scientifique et technique a porté sur les publications parues depuis 1990. Différentes bases de données bibliographiques ont été consultées afin d'identifier les documents de première main concernant l'exposition à la silice cristalline et les moyens de maîtrise de cette exposition : Medline/PubMed, Toxline, PolTox (jusqu'en décembre 2001), Current Contents, HSELINE, NIOSHTIC, EMBASE, Chemical Abstracts, CISDOC (BIT), INRS, Scirus, BIOSIS et CANADIANA.

De plus trois organismes qui ont déjà élaboré des banques de données d'exposition professionnelle à la silice cristalline dans la construction ont été sollicités : l'ACGIH aux États-Unis, l'InVS en France et le Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BGBAU) d'Allemagne.

3.2 Sélection des documents

L'ensemble des sources de données est passé par un processus de criblage suite à une première lecture :

1. Élimination de toutes les sources de données non pertinentes au milieu de la construction. Certaines sources de données, par exemple des secteurs miniers ou agricoles, ont été retenues parce que la discussion de certains métiers, tels ceux associés à la préparation des routes d'accès, est très comparable à celle des mêmes métiers dans la construction.
2. Élimination de toutes les sources de données, dont le sujet ne concernait ni les niveaux d'exposition à la poussière pouvant contenir de la silice cristalline ni des moyens de maîtrise pouvant réduire l'exposition. Ceci inclut des études épidémiologiques et d'autres visant à comparer l'efficacité des méthodes de prélèvement ou d'analyse instrumentale.
3. Élimination de toutes les sources de données en langue autre que le français ou l'anglais, dont on ne pouvait pas tirer suffisamment d'information pour caractériser les niveaux d'exposition présentés.
4. Élimination de toutes les sources de données ne satisfaisant pas aux critères de qualité scientifique et de pertinence : qualité méthodologique, pertinence des études avec la réalité québécoise, description suffisante des métiers et des tâches, documentation du type de prélèvement, description et efficacité des moyens techniques de maîtrise de l'exposition, représentativité des prélèvements, description des conditions environnementales, type de matériau utilisé au moment des interventions.

Les sources de données ont ensuite été classées selon qu'elles contenaient des données d'exposition seulement, des informations sur les moyens de maîtrise seulement avec ou sans mesures quantitatives ou des informations sur les deux sujets.

3.3 Élaboration d'une banque de données de mesures d'exposition

La documentation recueillie a été étudiée et codée selon une grille de saisie des données permettant d'uniformiser l'information provenant de diverses sources concernant les valeurs d'exposition et les paramètres descriptifs de cette exposition incluant les moyens de maîtrise.

3.3.1 Sélection des paramètres

Rajan et coll. [30] ainsi que le comité conjoint de l'ACGIH et de l'American Industrial Hygiene Association (AIHA) [32] ont proposé chacun une série de paramètres devant accompagner les mesures quantitatives, dans le but de préparer des banques de données d'exposition. La liste de ces paramètres est trop exhaustive pour une banque de données réalisée à partir de documents existants, qui n'ont pas été nécessairement rédigés pour respecter leurs recommandations. La liste finale des paramètres retenus pour la construction de notre grille de saisie s'inspire donc de ces deux documents, d'un article de Flanagan et coll. [11], de la banque de données transmises par l'InVS [33] et de recommandations de Gillen et Echt du NIOSH [34].

3.3.2 Adaptation québécoise de certains paramètres

Pour représenter la réalité québécoise, quatre paramètres ont fait l'objet d'une codification spécifique : le titre d'emploi, la tâche, l'outil et le matériau. L'objectif de cette codification était d'uniformiser les termes différents utilisés dans les sources de données pour décrire une même réalité au Québec.

La codification des titres d'emploi a été faite à partir de la liste des métiers du Règlement sur la formation professionnelle de la main-d'œuvre de l'industrie de la construction [35] et des occupations décrites dans les conventions collectives les plus récentes de la construction au Québec (Secteur Génie civil et voirie, Secteur Institutionnel et commercial, Secteur Résidentiel et Secteur Industriel) [36-39].

La codification des tâches, des outils et des matériaux a été construite par les auteurs au moment de la saisie des paramètres de chaque source de données. L'uniformisation des termes retenus pour décrire chacune des valeurs de ces trois paramètres a été finalisée après une relecture de l'ensemble des termes retenus lors de la saisie.

3.4 Compilation de l'information

Les données quantitatives et les paramètres descriptifs de l'exposition ont été saisis et compilés dans la BDME, en utilisant un tableur permettant l'entrée de la mesure de l'exposition ainsi que de tous les paramètres descriptifs associés à cette mesure. Chaque ligne du tableur correspond soit à une seule mesure de l'exposition, soit à un ensemble de «n» mesures dont la distribution est représentée par un ou des paramètres statistiques, tels une moyenne arithmétique et un écart-type arithmétique ou une fourchette.

Si l'information de paramètres descriptifs était non disponible ou sans objet, le champ était comblé par les mentions « NP » ou « SO ». Si l'information de paramètres numériques indiquant le niveau d'exposition était non disponible, le champ était soit laissé vide, soit comblé par une estimation de l'information par la personne responsable de la saisie.

Lorsque les mêmes mesures d'évaluation de l'exposition étaient présentes dans plus d'une source de données, si l'une d'elles était un article de périodique arbitré, ce dernier était conservé comme source d'information et l'autre source de données était éliminée ou utilisée pour compléter certains éléments de l'article.

3.5 Transformation des données

Les données ont fait l'objet de cinq étapes distinctes et séquentielles de transformation.

Transformations numériques

1. D'abord toutes les valeurs d'exposition représentées ou non par des paramètres statistiques, tels que la moyenne arithmétique ou géométrique portant la mention « plus petit que la limite de détection » ont été remplacées par la valeur LD/2 où LD représente la concentration à la limite de détection de la méthode analytique [40].
2. La méthode de Lavoué et coll. [31] a été utilisée pour l'estimation d'une moyenne géométrique (MG), lorsque les lignes représentant «n» mesures étaient décrites par d'autres paramètres statistiques que la MG. Selon les auteurs, en l'absence d'une moyenne géométrique, celle-ci peut être estimée par un traitement mathématique d'autres paramètres, tels que la moyenne et l'écart type arithmétique ou les valeurs maximum et minimum de cette distribution.

Restrictions selon la nature du document et le type de paramètre statistique

1. Toute ligne où l'information disponible ne permettait pas de calculer une MG a été éliminée.
2. Toute ligne d'un article jugée non transformable pour les calculs de statistiques descriptives a été éliminée; par exemple, une ligne qui fournit une valeur d'exposition moyenne pour l'ensemble des travailleurs de la construction.

Restriction selon le type de prélèvement

Seules les lignes où le type de prélèvement indique que ce prélèvement a été fait en zone respiratoire du travailleur ont été retenues.

Restriction selon la nature du contaminant

Seules les lignes où la nature du contaminant indique que ce contaminant est de la poussière respirable ou de la silice cristalline respirable ont été retenues.

Création de mesures individuelles

Chaque ligne représentant «n» mesures a été transformée en «n» lignes en la copiant intégralement «n-1» fois. On simule ainsi une série de mesures « individuelles » avec lesquelles seront calculées les statistiques descriptives visant à évaluer les niveaux d'exposition des travailleurs de la construction.

3.6 Statistiques descriptives

Notre premier objectif visait à identifier les travailleurs avec un potentiel élevé d'être exposés à de fortes concentrations de silice cristalline selon leur titre d'emploi, leur poste ou leur tâche. Pour atteindre cet objectif, un sous-ensemble de la banque de données créée selon la méthode présentée à la section 3.4 a été utilisé pour calculer les statistiques descriptives sur les niveaux d'exposition. La sélection a été faite en fonction des critères suivants :

1. La cote de qualité de la description des paramètres devait être d'acceptable à excellente (voir annexe 3).
2. La métrologie devait être faite selon des méthodes reconnues (NIOSH, Health and Safety Executive du Royaume-Uni (HSE), INRS, IRSST) ou apparentées à ces méthodes.
3. Seules les classes de chantier représentant des situations réelles de construction ont été retenues.
4. Seule l'exposition à la silice cristalline respirable a été retenue.
5. Seuls les résultats d'analyse obtenus par les méthodes de diffraction des rayons X et de spectroscopie par infrarouge ont été considérés.
6. Finalement, seules les valeurs de paramètres ayant un nombre de mesures $n \geq 5$ ont été retenues pour les statistiques descriptives.

La moyenne et l'écart-type géométriques ont été choisis pour représenter les distributions des mesures d'exposition, plutôt que la moyenne et l'écart-type arithmétiques. En effet, la majorité des sources de données représentent leurs distributions à l'aide de ces paramètres, car elles sont généralement log-normales. L'utilisation de la moyenne géométrique diminue l'impact de la présence de valeurs extrêmes, situation inévitable compte tenu de la disparité des sources de données. Les valeurs d'écart-type géométrique (ETG) ont été calculées pour chaque paramètre, en utilisant les valeurs individuelles disponibles dans les sources originales de données. Lorsqu'aucune valeur individuelle n'est pas disponible, la mention « NA » remplace la valeur de l'ETG.

Les statistiques descriptives ont été calculées à l'aide du logiciel S-Plus [41].

3.7 Identification et évaluation des moyens de maîtrise

Le deuxième objectif de ce travail visait à identifier les moyens de maîtrise de l'exposition et à documenter leur efficacité. L'identification a été réalisée à partir des éléments recueillis dans les différentes publications. Un résumé des informations générales s'appliquant à l'ensemble des moyens de maîtrise a d'abord été élaboré, suivi d'une synthèse des moyens utilisés avec les outils les plus polluants. L'efficacité est rapportée en pourcentage par rapport à la concentration de poussières observées en l'absence de moyens de maîtrise et en termes de la capacité de ces moyens à réduire l'exposition en deçà des valeurs limites d'exposition (VLE) applicables dans les juridictions concernées.

3.8 Élaboration d'une base de données relationnelle

La consultation de feuilles de tableurs contenant un très grand nombre de colonnes et de lignes est fastidieuse. De plus, la saisie de milliers de lignes entraîne la création de près d'un demi-million de cellules d'information. Une façon autre, pour un intervenant, d'aborder ces données doit être construite pour en faciliter l'accès en fonction de chaque recherche éventuelle.

La construction de cette base de données relationnelle doit permettre d'atteindre les objectifs suivants :

1. Faciliter l'accès aux informations par la création de menus menant directement à celles-ci dès l'ouverture de la base de données.
2. Permettre la consultation à l'écran ou l'impression de la référence bibliographique complète de chacune des sources de données.
3. Permettre la consultation à l'écran ou l'impression de toutes les données d'exposition présentées dans une source spécifique de données. Les données d'exposition devraient être accompagnées de la description du titre d'emploi, de la tâche, de l'outil et du matériau tels que présentés par les auteurs ainsi que par les valeurs correspondantes codifiées pour représenter la réalité québécoise.
4. Permettre la consultation à l'écran ou l'impression des listes de toutes les données d'exposition disponibles dans les sources de données pour :
 - a. un titre d'emploi donné;

- b. une tâche donnée;
- c. un outil donné;
- d. un matériau donné.

4. RÉSULTATS

4.1 Sources de données d'exposition et de maîtrise de l'exposition

La répartition des sources de données est présentée au tableau 1. La première ligne du tableau fait état de toutes les sources repérées, afin d'évaluer si elles contenaient ou non des données d'exposition de travailleurs de la construction à la silice cristalline ou des renseignements concernant l'efficacité des moyens de maîtrise. Seules les sources contenant l'information recherchée sont présentées aux lignes 2 et 3 du tableau. Suite au processus de vérification décrit à la section 3.4, 13 documents parmi les 539 répertoriés dans notre bibliographie ont été éliminés en raison de la présence de doublons de données provenant d'autres documents. La liste des 116 sources utilisées pour la création de la banque de données est présentée à l'annexe 1.

Tableau 1 – Répartition des sources de données

Type de document	Article de périodique	Rapport d'organisme public	Rapport d'organisme privé	Banque de données	Tous les types de documents
1- Nombre de documents issus de la recherche de sources de données	263	267	7	2	539
2- Nombre de documents avec des données d'exposition	45	69	0	2	116
3- Nombre de documents avec des informations sur les moyens de maîtrise	18	40	7	2	67

Trois documents n'ont pas été retenus pour créer la banque de données. Le rapport allemand « *BGIA - Report 8/2006e : Exposure to quartz at the workplace* » [42] n'a pas été utilisé parce que les niveaux d'exposition moyens présentés sont une synthèse de mesures en zone respiratoire et de mesures en poste fixe, dont le poids de chaque type a été pondéré par des comités d'experts. Les rapports de synthèse « *Draft Final Report: Technological Feasibility Study and Cost and Impact Analysis of The Draft Crystalline Silica Standard for Construction* » [43] et « *Silica Exposure on Construction Sites : Results of an Exposure Monitoring Data Compilation Project* » [11] contenaient des données de documents déjà compilées, qu'il était impossible de séparer de l'ensemble des résultats présentés.

L'ACGIH, par le biais de son comité construction, a réalisé une compilation de données d'exposition professionnelle dans la construction aux États-Unis. Cette étude a fait l'objet d'une publication récente de Flanagan et coll. [11]. Nous avons obtenu un fichier [44] contenant les données individuelles ayant servi à produire les diverses statistiques descriptives de cette publication.

L'InVS a assemblé une banque de données de mesures d'exposition à la silice cristalline [33] prises dans divers milieux industriels en France, incluant une recherche de mesures dans la

littérature. Cette compilation visait l'élaboration d'une matrice emplois-expositions pour les travailleurs exposés à la silice cristalline en France [45] dans le cadre du programme Matgéné. Une importante proportion de cette recherche métrologique concernait les BTP. L'InVS a accepté de partager avec nous l'ensemble de leurs données brutes ainsi que leur méthodologie de classification des évaluations de l'exposition.

Le BGBAU est la compagnie d'assurance collective, dont un des mandats est l'indemnisation des travailleurs allemands de la construction suite à un accident du travail ou à une maladie professionnelle. Cet organisme alimente une banque de données sur l'exposition des travailleurs de la construction à plusieurs contaminants incluant environ 1250 mesures individuelles de silice cristalline [42]. Nous n'avons pas pu obtenir du BGBAU les données pertinentes à ces mesures individuelles.

Bien que les sources de données proviennent de partout dans le monde, plus de 80 % de celles-ci proviennent de l'Amérique du Nord et 17 % de pays européens.

4.2 Paramètres de la banque de données

La grille de saisie contenant 76 paramètres est présentée à l'annexe 2. Les paramètres constituant la grille sont regroupés selon qu'ils concernent la codification de la source de données, les titres d'emploi, tâches, outils et matériaux tels que décrits dans chaque document, la codification des titres d'emploi, tâches, matériaux et outils, la codification des chantiers, la description des paramètres quantitatifs de l'exposition, la codification des caractéristiques de l'exposition, la codification des moyens de maîtrise, la codification des appareils de protection respiratoire (APR) et les commentaires généraux.

L'ensemble des titres d'emploi, codifiés selon le contexte québécois, a été vérifié par trois représentants de l'Association de la construction du Québec pour s'assurer de leur représentativité dans la réalité québécoise.

Pour certains paramètres dont les tâches, les outils et les matériaux codifiés pour représenter la réalité québécoise, il a été nécessaire d'attribuer des dénominations de type « Tâches multiples... », « Divers matériaux contenant... », « Outils multiples... » parce que l'information disponible ne permettait pas de l'assigner à une valeur plus précise. Par exemple, dans le cas du paramètre « Tâche », il y a quatre valeurs qui portent le titre de « Tâches multiples.. », soit « Tâches multiples (Sciage de pièces de maçonnerie et autres tâches) », « Tâches multiples (Meulage de pièces de maçonnerie et autres tâches) », « Tâches multiples (Cassage de pièces de maçonnerie et autres tâches) » et « Tâches multiples (Autres tâches reliées à la maçonnerie) ». L'assignation de l'information fournie dans la source de données à l'une ou l'autre des valeurs disponibles est basée sur une évaluation préliminaire du niveau d'exposition associé à tel ou tel outil, telle ou telle tâche. Si le sciage est présent parmi les tâches décrites dans la source originale de données, on assigne l'ensemble de ces tâches à « Tâches multiples (Sciage de pièces de maçonnerie et autres tâches) ». S'il n'y a pas de sciage, mais qu'il y a du meulage, on assigne l'ensemble de ces tâches à « Tâches multiples (Meulage de pièces de maçonnerie et autres tâches) » et ainsi de suite.

L'ensemble des valeurs de tous les paramètres codés est présenté à l'annexe 3.

4.3 Répartition des données d'exposition

La répartition des données par type de documents est présentée au tableau 2.

Tableau 2 – Répartition des données

Type de document	Article de périodique	Rapport d'organisme public	Rapport d'organisme privé	Banque de données	Tous les types de documents
Nombre de documents avec des données d'exposition	45	69	0	2	116
Nombre de lignes d'information dans la BD	1055	2709	246	2115	6125

Des 6125 lignes d'information, 5628 contenaient des mesures individuelles d'exposition alors que 497 lignes indiquaient de 2 à 113 mesures d'exposition représentées par des paramètres statistiques.

Le tableau 3 présente le résultat du processus séquentiel de transformation utilisé pour créer les données individuelles tel que présenté à la section 3.5. Au total, 8388 données individuelles ont été créées par ce processus. La plus grande partie de ces données proviennent des États-Unis (68 %), 30 % de pays européens et 2 % du Québec et de l'Ontario.

Tableau 3 – Résultat de la transformation des données d'exposition

Nombre de lignes après compilation	Étapes de restriction			Transformation en mesures individuelles	
	Nombre de lignes après la première étape* de restriction	Nombre de lignes avec des prélèvements en zone respiratoire	Nombre de lignes avec poussière ou silice respirable	Nombre de mesures individuelles de poussière respirable	Nombre de mesures individuelles de silice cristalline respirable
6125	6099	5105	4739	4137	4251

* : Élimination des lignes d'information selon la méthode «Restrictions selon la nature du document et le type de paramètre statistique».

Plus de 75 % des lignes d'information (4739/6125) présentaient des mesures de l'exposition des travailleurs de la construction à la poussière et la silice cristalline prises en zone respiratoire.

Les 8388 mesures individuelles d'exposition se répartissent à peu près également entre silice cristalline respirable (4251) et poussières respirables (4137).

Peu de sources de données étaient suffisamment détaillées pour nous permettre de documenter la valeur de chacun des paramètres de notre banque de données. Le tableau 4 présente la répartition de quelques paramètres, selon que la valeur a pu ou non être précisée.

Tableau 4 – Répartition de certains paramètres identifiés dans la BD

Paramètre	Nombre de valeurs identifiées dans la BD	Nombre de mesures individuelles* où la valeur du paramètre est précisée	Nombre de mesures individuelles * où la valeur du paramètre est non précisée (NP)
Titres d'emploi (QC)	24	7706	682
Tâches (QC)	40	6984	1404
Outils (QC)	29	4930	3458
Matériaux (QC)	23	5735	2653
Classes de chantier	9	4722	3666
Moyens de maîtrise	7	4321	4067
APR	12	2780	5608

* : Le nombre total de mesures individuelles d'exposition est 8388.

Le titre d'emploi codifié pour le Québec est le paramètre qui a pu être précisé le plus souvent à partir des informations documentées dans les sources de données, soit 92 % des fois, suivi par la tâche avec 83 %. Le pourcentage le plus faible est rencontré pour les appareils de protection respiratoire (APR) avec 33 %. Pour les autres déterminants présentés au tableau 4, ce pourcentage varie de 52 à 68 %. Notons également que 57 titres d'emploi codifiés pour le Québec ne sont pas documentés dans les sources de données, quant à leur exposition à la silice cristalline.

4.4 Exposition à la silice cristalline respirable

Cette section présente l'analyse des mesures d'exposition des travailleurs à la silice cristalline respirable dans le but d'établir la liste des emplois et des tâches les plus à risque ainsi que de tenter d'évaluer l'impact de différents paramètres sur ces expositions.

Les résultats sont présentés sous forme graphique (figures 1 à 5). Chaque graphique présente la moyenne géométrique des mesures d'exposition représentée par la barre horizontale ainsi que le nombre de mesures individuelles (n) utilisées pour calculer cette moyenne et le nombre d'études (nE), dont sont tirées ces mesures. La mise en rapport de ces deux nombres avec la moyenne géométrique permet d'évaluer la représentativité de ces données et facilite la comparaison des niveaux d'exposition entre eux.

L'ensemble des paramètres statistiques retenus pour décrire la distribution des mesures sont présentés dans des tableaux aux annexes 4 à 9. Cela complète l'information présentée dans les graphiques et permet de mettre en évidence la dispersion des données incluant les valeurs extrêmes de la distribution.

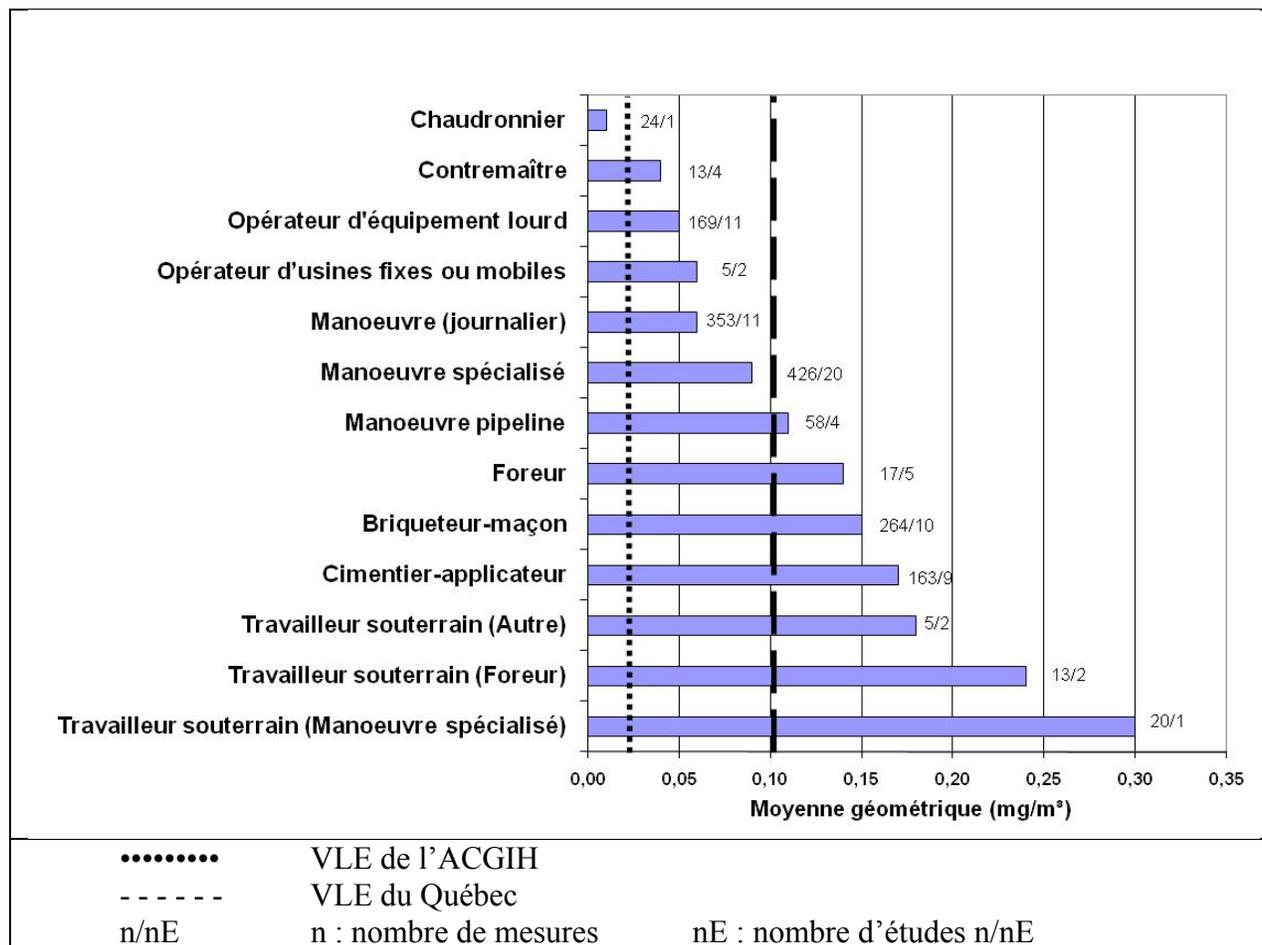
4.4.1 Exposition selon le titre d'emploi

L'ensemble des mesures regroupées par titre d'emploi codifié pour le Québec est présenté à l'annexe 4.

Seules les mesures, dont l'objectif était d'évaluer une exposition moyenne sur une période de 8 heures pour la comparer à une valeur limite d'exposition (VLE), ont été retenues. Le nombre de mesures était de 1 745, soit 41 % des mesures individuelles de silice cristalline respirable disponibles.

Rappelons que la VLE du Québec, soit la valeur d'exposition admissible – valeur d'exposition moyenne pondérée (VEA-VEMP) pour le quartz est de 0,1 mg/m³ [21] alors que la VLE de l'ACGIH, le *Threshold Limit Value* (TLV) est de 0,025 mg/m³ [20]. L'utilisation de ces VLE ne sert dans ces graphiques qu'à indiquer l'ordre de grandeur des mesures répertoriées et non à afficher un respect ou un dépassement des valeurs réglementaires au Québec.

Les niveaux d'exposition des 13 titres d'emplois répertoriés dans la banque de données, répondant aux critères de sélection présentés plus haut, sont présentés à la figure 1.

Figure 1 – Exposition à la silice cristalline respirable selon le titre d'emploi

L'ensemble des travailleurs souterrains, avec une exposition moyenne sur 8 heures de près de 2 à 3 fois supérieure à la VLE du Québec semble se démarquer des autres titres d'emploi. Les tâches associées à ces mesures sont essentiellement des travaux à proximité d'un tunnelier pour les deux premiers titres d'emploi et le cassage de pièces de maçonnerie dans le cas du travailleur souterrain (manœuvre spécialisé).

Le foreur, le briqueteur-maçon et le cimentier-applicateur forment un deuxième groupe où les niveaux moyens d'exposition se situent entre 1,4 et 1,7 fois la VLE du Québec. Dans le cas du foreur, toutes les mesures sont associées à l'utilisation d'une machine à forer. Pour le briqueteur-maçon, les mesures sont associées à un éventail de tâches, dont le meulage de joints de briques/pierres » avec un niveau d'exposition de 0,49 mg/m³ (40 % des mesures) et le tirage de joints avec 0,022 mg/m³. Dans le cas du cimentier-applicateur, lorsque les mesures sont associées au meulage de surface (38 % des mesures), le niveau d'exposition est de 0,24 mg/m³, alors qu'il est de 0,052 mg/m³ lors de la réalisation d'« autres tâches » (21 % des mesures). Cependant, pour ce dernier titre d'emploi, des tâches « non précisées » (25 % des mesures) engendrent un niveau d'exposition de 0,48 mg/m³.

Les manœuvres pipeline, spécialisé et journalier, ainsi que l'opérateur d'usines fixes ou mobiles forment un troisième groupe avec des niveaux moyens d'exposition de 0,6 à 1,1 fois la VLE du Québec. Dans le cas du manœuvre pipeline, il faut noter que le niveau moyen d'exposition inclut les niveaux associés à la tâche de grenailage par projection d'abrasif; sans ceux-ci, le niveau d'exposition du manœuvre pipeline serait de 0,03 mg/m³. L'exposition du manœuvre (journalier) est essentiellement liée à l'utilisation de pelles, balais, raclette (squeegee) et souffleur. L'activité du manœuvre spécialisé fait appel à une large gamme de tâches et d'outils, certainement la plus variée dans le secteur de la construction. Ce travailleur peut, par exemple, être exposé en moyenne sur 8 heures à 0,053 mg/m³, lorsqu'il est responsable du malaxage de mortier ou de ciment (5 % des mesures), à 0,11 mg/m³ en perçant de la maçonnerie (11 % des mesures), à 0,13 mg/m³ lorsqu'il sert de soutien au travail des briqueteurs-maçons (4 % des mesures) et à 0,26 mg/m³ lorsqu'il casse des pièces de maçonnerie à l'aide d'un marteau-perforateur ou d'un marteau piqueur (25 % des mesures). En ce qui concerne les mesures effectuées chez l'opérateur d'usines fixes ou mobiles, elles correspondent toutes au concassage de pierre.

Dans le quatrième groupe où les niveaux moyens d'exposition sont inférieurs à 0,5 fois la VLE, on retrouve l'opérateur d'équipement lourd, le contremaître et le chaudronnier. Pour l'opérateur d'équipement lourd, l'exposition associée à l'utilisation d'une fraiseuse routière est de 0,062 mg/m³ (63 % des mesures) et de 0,019 mg/m³ (22 % des mesures), lorsqu'il s'agit de machines telles que rétrocaveuse, excavatrice, bouteur, tracteur avec godet ou pelle mécanique. Les seuls résultats concernant le chaudronnier proviennent de mesures d'exposition aux poussières charbonneuses contenant un faible pourcentage de silice cristalline respirable lors de la rénovation de bouilloires au charbon.

Les titres d'emploi charpentier-menuisier, conducteur de camion, électricien, manœuvre spécialisé (carreleur), plâtrier, poseur de systèmes intérieurs et tuyauteur, bien que présents dans la banque de données, ont été exclus des présentes statistiques descriptives, en raison de l'un ou l'autre des critères de sélection (voir section 3.6).

4.4.2 Exposition selon la tâche exécutée, les matériaux et les outils

L'ensemble des mesures regroupées par tâche codifiée pour le Québec est présenté à l'annexe 5. Les niveaux d'exposition de toutes les tâches ayant des niveaux d'exposition plus élevés que la VLE du Québec de 0,1 mg/m³ sont présentés à la figure 2, ainsi que les deux tâches dont le niveau d'exposition est légèrement inférieur à la VLE. L'ensemble des mesures regroupées par matériau est présenté à l'annexe 6, alors que celles regroupées par outil sont présentées à l'annexe 7. Les figures 3 et 4 présentent toutes les valeurs de ces deux paramètres, dont les niveaux d'exposition sont plus élevés que la VLE du Québec, ainsi que la première valeur dont le niveau d'exposition est légèrement inférieure à la VLE.

Seules les mesures, dont l'objectif était d'évaluer l'exposition durant la période de la tâche réalisée, ont été retenues. La durée de ces tâches variait de quelques minutes à plusieurs heures.

Figure 2 – Exposition à la silice cristalline respirable selon la tâche

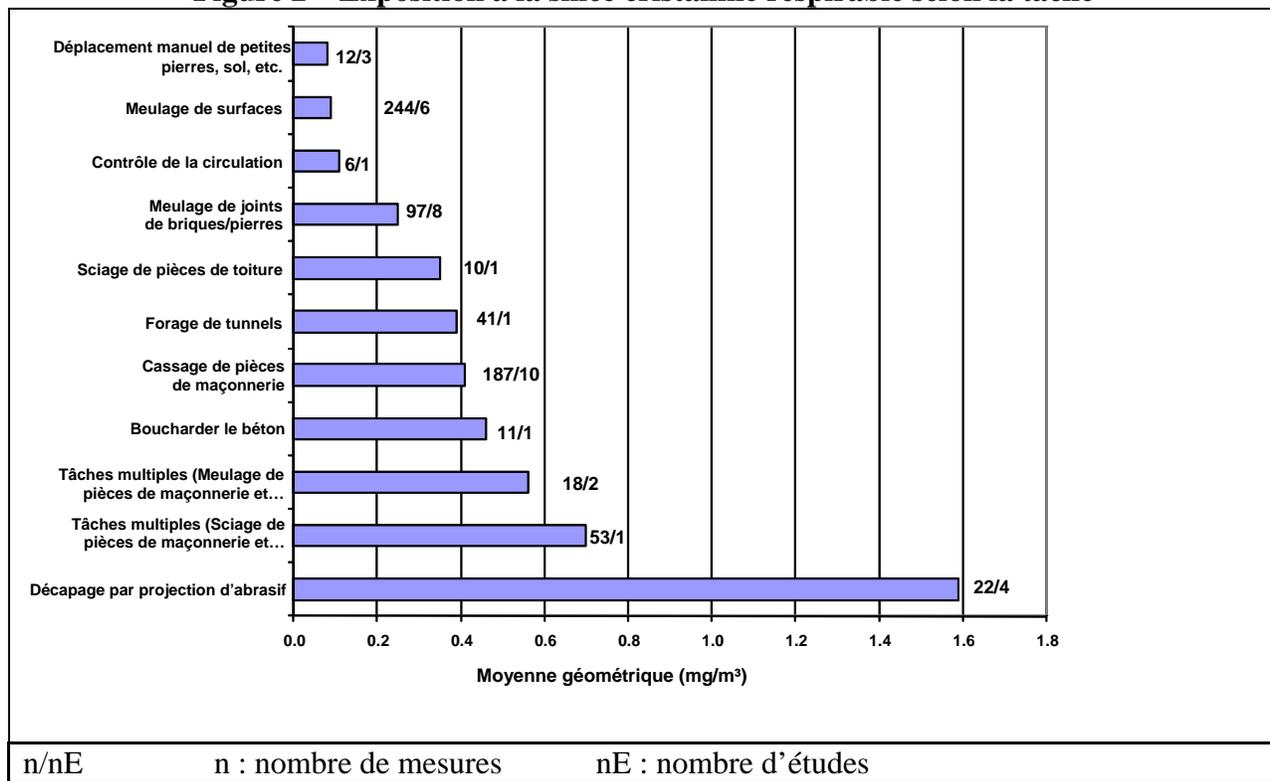


Figure 3 – Exposition à la silice cristalline respirable selon le matériau

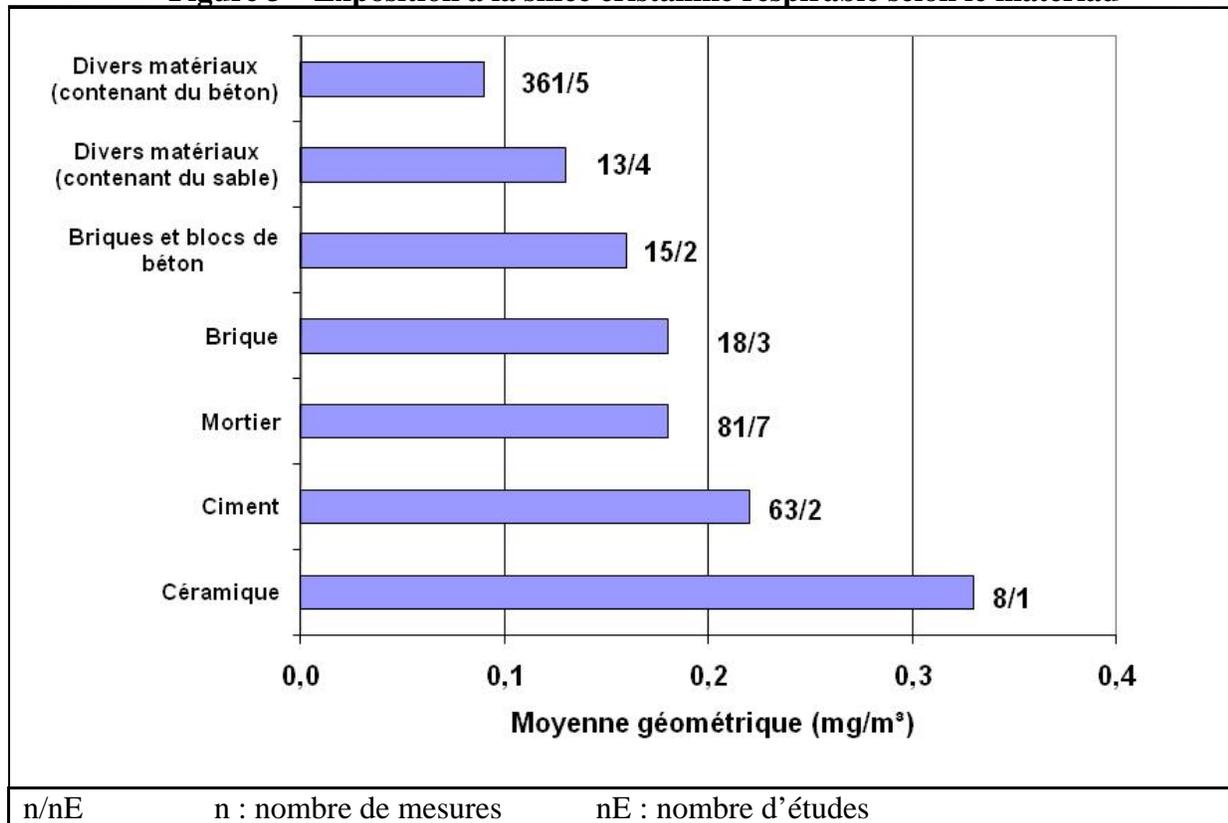
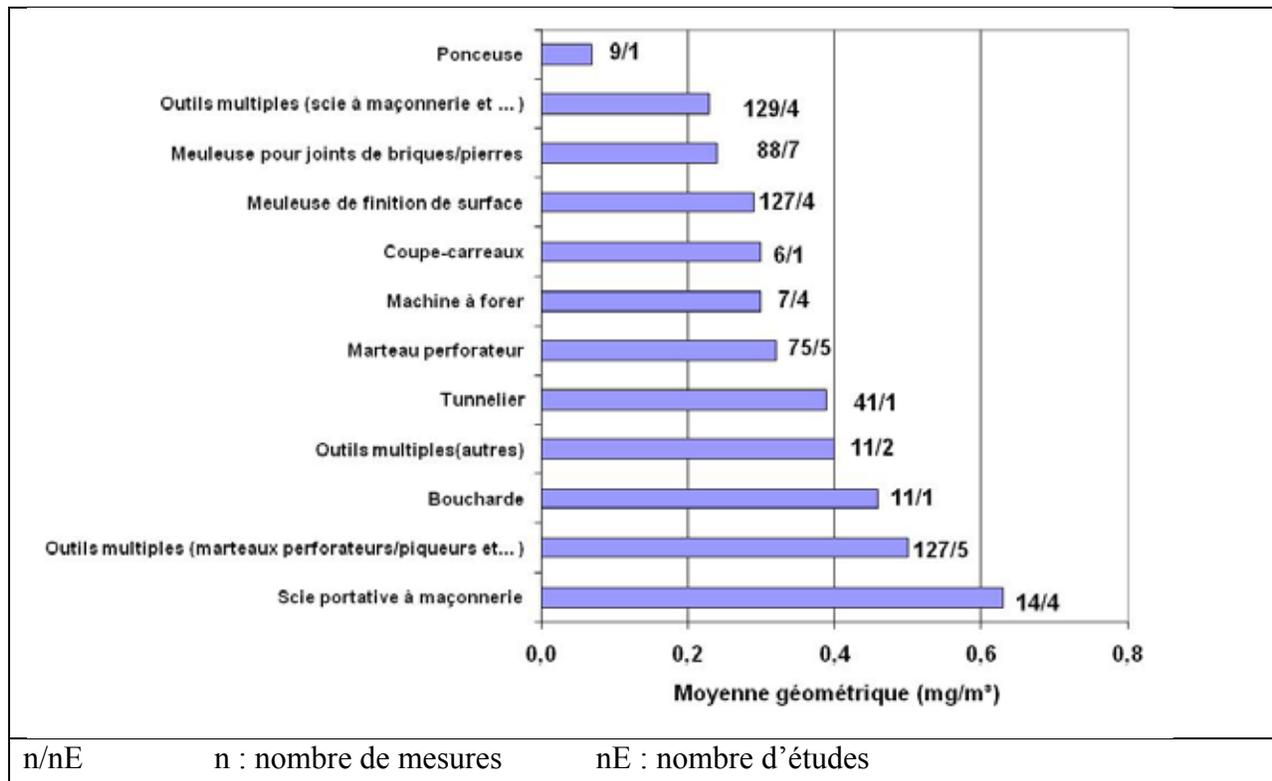


Figure 4 – Exposition à la silice cristalline respirable selon l’outil



Le niveau d'exposition à la silice cristalline associé à la tâche « Décapage par projection d'abrasif » (Grenailage au jet de sable) dans la figure 2 n'est indiqué que pour mettre en évidence la nature particulière de cette activité. Il n'y a pas eu de recherche de sources de données associées à cette tâche, car elle n'entrait pas dans le mandat de cette recherche. Cependant les valeurs, présentes dans des sources de données concernant d'autres tâches, ont été saisies dans notre banque de données.

Le niveau moyen d'exposition lors de la tâche « Tâches multiples (Sciage de pièces de maçonnerie et autres) » n'est associé qu'à l'activité du manœuvre spécialisé avec plusieurs outils sur divers matériaux contenant du béton durant une période moyenne de plus de trois heures.

Le niveau moyen d'exposition associé à la tâche « Tâches multiples (Meulage de pièces de maçonnerie et autres) » est fortement affecté par une des deux études répertoriées. Cette dernière a été réalisée lors du ponçage et du rabotage d'une surface de pierre d'un édifice historique, en Europe, par un tailleur de pierre (1,0 mg/m³) à l'aide de divers outils, sur une période moyenne de plus de 8 heures.

Boucharde le béton est une tâche exécutée par le manœuvre spécialisé. La boucharde, dans la seule étude présentée ici, était utilisée avec et sans arrosage intégré à l'équipement. Le niveau d'exposition moyen du travailleur sur une période de 6,5 minutes atteignait 0,97 mg/m³ sans arrosage, alors qu'il était de 0,19 mg/m³ avec arrosage. Notons que la capacité d'obtenir des niveaux d'exposition mesurables pour des durées de tâches aussi courtes est rendue possible par

l'utilisation de cyclones, dont le débit volumique est de 4,2 litres par minute [46], instruments commerciaux non courants au Québec.

Le cassage de pièces de maçonnerie est associé essentiellement à l'utilisation de marteaux perforateurs/piqueurs sur du béton ou divers matériaux contenant du béton par un manoeuvre spécialisé ($0,46 \text{ mg/m}^3$) en moyenne sur près de trois heures ou sur de la céramique par un manoeuvre spécialisé (carreleur) ($0,34 \text{ mg/m}^3$) sur une moyenne d'environ une heure. La même tâche exécutée par des opérateurs d'équipement lourd ou d'usines fixes ou mobiles engendre des niveaux d'exposition d'environ $0,05 \text{ mg/m}^3$.

Le forage de tunnels est réalisé uniquement par l'opérateur d'un tunnelier perçant la pierre sur une période moyenne de 390 minutes alors que le meulage de joints de briques/pierres est effectué par le briqueur-maçon meulant le mortier sur une période moyenne de quatre heures.

Le niveau moyen d'exposition associé au contrôle de la circulation est fonction de l'empoussièrement d'un chantier d'entretien routier provenant du passage de véhicules de « tourisme » en plus de ceux liés aux travaux du chantier.

Le meulage de surface, durant environ quatre heures en moyenne, est l'activité d'un seul titre d'emploi, le cimentier-applicateur, avec essentiellement une meuleuse de finition de surface sur du béton ou du ciment.

Le « déplacement manuel de petites pierres, sol, etc. » est exécuté par le manoeuvre (journalier) à l'aide de pelles, de balais et à l'occasion avec des outils motorisés, selon l'ampleur de la tâche à accomplir et les matériaux considérés.

La tâche de sciage de pièces de maçonnerie est absente de la figure 2 en raison de sa faible valeur moyenne d'exposition, $0,07 \text{ mg/m}^3$. Il faut noter cependant que, si l'utilisation d'un banc de scie à maçonnerie ou d'une scie à béton à contrôle arrière n'engendre qu'un niveau d'exposition moyen de $0,05$ à $0,06 \text{ mg/m}^3$ sur 4 à 5 heures en moyenne, l'utilisation d'une scie portative à maçonnerie peut exposer des travailleurs à des concentrations de $0,74 \text{ mg/m}^3$ sur plus d'une heure. Un autre exemple qui met en évidence des disparités potentielles importantes des niveaux d'exposition à la silice cristalline respirable pour une même tâche, mais cette fois entre deux titres d'emploi est le « Perçage de pièces de maçonnerie » : Électricien ($0,004 \text{ mg/m}^3$ - 380 minutes en moyenne) et Manoeuvre spécialisé ($0,048 \text{ mg/m}^3$ - 380 minutes en moyenne).

4.4.3 Présentation d'autres paramètres pouvant affecter l'exposition

Utilisation des appareils de protection respiratoire

Une synthèse des informations de la banque de données permet de dresser le portrait suivant concernant les appareils de protection respiratoire (APR). Dans les sources de données, où une information était disponible sur le port des APR, 70 % des travailleurs portaient un APR lors des mesures. Lorsque le niveau d'utilisation de l'APR était mentionné (841 mesures), seulement 63 % des travailleurs le portaient continuellement durant la période de travail. Lorsque le type d'APR était précisé (1 140 mesures), 59 % des travailleurs portaient une pièce faciale filtrante. Aucune donnée n'était disponible, quant à la qualité de l'ajustement de la pièce faciale des APR. Il faut noter que seulement 33 % des 6 125 lignes de la banque de données contiennent de l'information concernant les APR.

Nature de l'espace où a été fait le prélèvement

Une comparaison des moyennes géométriques des niveaux d'exposition associés à chacune des valeurs du paramètre « Nature de l'espace où a été fait le prélèvement » ne permet pas de confirmer l'hypothèse, intuitive, que ces niveaux devraient diminuer de plus en plus quand on passe progressivement d'un espace clos vers un environnement complètement ouvert à l'extérieur.

La classe et le type de chantier

Les mesures utilisées, pour les résultats suivants, ont été réalisées pour l'évaluation de la tâche seule ou l'évaluation d'une moyenne sur 8 heures.

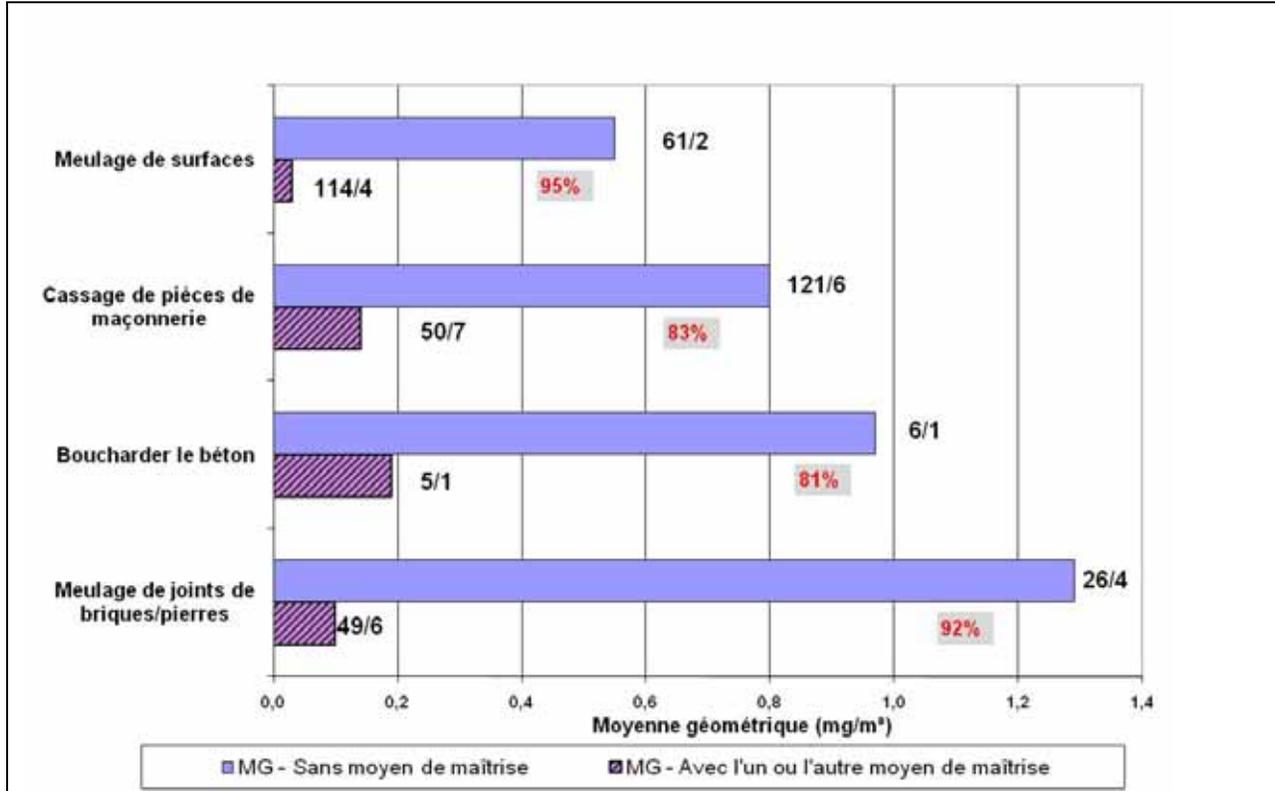
Alors que les classes de chantiers « Industriel » et « Génie civil/Voirie » ont généré des niveaux moyens d'exposition de 0,028 et 0,030 mg/m³ de silice cristalline respirable dans la zone respiratoire des travailleurs, celles de chantiers « Résidentiel » et « Institutionnel et Commercial » ont produit des niveaux de 0,087 et 0,097 mg/m³ respectivement.

Les chantiers de type « Construction nouvelle » sont associés à un niveau moyen d'exposition de 0,027 mg/m³, ceux de type « Rénovation » à 0,048 mg/m³ et ceux de type « Démolition » à 0,098 mg/m³.

L'utilisation ou non d'un moyen de maîtrise lors de certaines tâches

La figure 5 présente quatre tâches, dont le niveau d'exposition sans aucun moyen de maîtrise dépasse 0,4 mg/m³. Les résultats de cette figure sont tirés des mesures de l'exposition, dans la zone respiratoire des travailleurs, pour lesquelles il a été possible d'identifier si un moyen de maîtrise était utilisé ou non durant la tâche et, s'il y en avait un, lequel était utilisé. Les mesures utilisées pour les calculs suivants ont été réalisées pour l'évaluation de la tâche seule ou l'évaluation d'une moyenne sur 8 heures.

Figure 5 – Impact de l’utilisation d’un moyen de maîtrise sur l’exposition durant une tâche



n/nE n : nombre de mesures nE : nombre d'études

Avec l'un ou l'autre des moyens de maîtrise : soit l'un ou l'autre ou une combinaison avec la ventilation générale, la ventilation par aspiration à la source près de l'outil, la ventilation par aspiration à la source sur l'outil, l'arrosage du matériau, l'arrosage sur l'outil, l'isolement de la source d'émission ou tout autre moyen de maîtrise.

Ce graphique montre clairement que, dans le cas des tâches présentées, l'utilisation d'un moyen de maîtrise a un impact majeur sur le niveau d'exposition.

4.5 Moyens de maîtrise de l'exposition

4.5.1 Identification des moyens de maîtrise

Mesures générales de prévention

Plusieurs organismes (NIOSH [47], HSE [48], Work Safe BC, [49, 50], Occupational Safety and Health Administration (OSHA) [23, 24, 51], Arbouw [52], COSH - Commission for Occupational Safety and Health Australia [53], Industrial Accident Prevention Association (IAPA) [54], CSST [55], Ministère du travail de l'Ontario[56], ASTM [57]) ont publié des mesures générales de prévention, en présence de poussière de silice cristalline dans les chantiers de construction. Ci-dessous, une synthèse de ces recommandations a été adaptée au contexte des lois et règlements québécois :

- Savoir identifier les situations où il y a une possibilité d'émission de poussières respirables contenant de la silice cristalline
- Planifier l'élimination à la source de la silice cristalline par substitution ou par l'utilisation de matériaux n'en contenant que de faible quantité, dans les cas où c'est possible
- Maîtriser les émissions de poussières par des moyens techniques tels le confinement, l'arrosage et la ventilation par aspiration à la source
- Veiller à l'entretien des équipements utilisés pour la maîtrise de l'exposition
- Confirmer la performance des moyens techniques par des campagnes de surveillance environnementale, dont la stratégie est détaillée dans le Guide d'échantillonnage de l'IRSST[58]
- Connaître et utiliser les « bonnes pratiques de travail »²
- Utiliser les appareils de protection respiratoire selon les exigences décrites dans le Guide pratique de protection respiratoire, l'exigence la plus importante étant l'existence et l'application du programme de protection respiratoire[59]. Notons aussi que le choix de l'équipement de protection respiratoire doit être effectué en se basant sur les résultats d'échantillonnage en milieu de travail
- Former et informer les travailleurs susceptibles d'être exposés à des poussières de silice cristalline
- Vérifier l'efficacité de l'entretien général des locaux
- N'utiliser les ventilateurs que pour rafraîchir l'environnement en cas de chaleur excessive. Ils ne sont pas efficaces pour diminuer les concentrations de poussière dans l'air

² Le terme « **bonnes pratiques** » désigne, dans un milieu professionnel donné, un ensemble de comportements qui font consensus et qui sont considérés comme indispensables, généralement présenté sous forme de *Guides de bonnes pratiques* (GBP).

- Éviter l'utilisation de jet d'air comprimé pour nettoyer ses vêtements ou tout autre objet³
- Examiner la possibilité d'utilisation d'une cabine de protection

Moyens techniques

Parmi les moyens techniques qui servent à maîtriser les émissions de poussières provenant des outils, l'arrosage et la ventilation par aspiration à la source s'appliquent à la plupart des situations. En premier lieu, un résumé présente des éléments d'arrosage, de ventilation par aspiration à la source et quelques autres techniques générales de maîtrise suivi des mesures spécifiques qui s'appliquent à chacun des outils.

Arrosage

Le défi pour optimiser l'efficacité de l'arrosage consiste à projeter, au point d'émission des poussières, un brouillard d'eau dont les particules sont de la même dimension que les particules de poussières. Ceci permet d'utiliser le moins d'eau possible tout en conservant une bonne efficacité et de faciliter la bonne gestion de l'apport et de l'élimination d'eau.

Les éléments suivants doivent faire partie d'un système d'arrosage au point d'émission de la poussière :

- Une source d'eau (borne municipale, réservoir avec pompe, etc.)
- Un boyau flexible et résistant
- Un robinet qui permet de régler le débit d'eau
- Un vaporisateur qui permet de régler la dimension des particules du jet d'eau
- Un raccord à l'outil

L'utilisation de l'eau requiert de prendre en compte les possibilités de gel et nécessite l'usage d'un disjoncteur de fuite à la terre et de connecteurs électriques à l'épreuve de l'eau pour les outils électriques et autres équipements sur le chantier de construction.

L'entretien du système d'arrosage doit comprendre :

- La vérification fréquente du colmatage du vaporisateur
- La vérification de l'orientation du jet d'eau vers la source d'émission
- La régularité du débit d'eau
- La circulation de l'air dans des locaux fermés, pour éviter toute augmentation soudaine des niveaux de poussières dans l'air en raison d'une diminution de l'efficacité des systèmes de maîtrise de l'exposition
- La canalisation et le traitement des rejets d'eau selon la réglementation en vigueur

³ Au Québec, il est interdit d'utiliser l'air comprimé pour nettoyer des personnes (RSST, article 325). Pour le nettoyage d'une machine ou d'un équipement, la pression de l'air comprimé doit être inférieure à 200 kilopascals, à moins qu'il ne soit effectué dans une cabine spécialement conçue pour le nettoyage par jet d'abrasifs et pourvue d'un système d'aspiration (RSST, article 326).

Ventilation par aspiration à la source

Les éléments suivants doivent faire partie d'un système de ventilation par aspiration à la source :

- un collecteur de poussières adapté à l'outil
- un aspirateur industriel
- un tuyau d'aspiration et un système de filtration pour capter les poussières

Il faut aussi prévoir :

- un nettoyage systématique du système d'aspiration
- une vérification de l'efficacité de l'aspiration et de la filtration des particules

L'adoption de « bonnes pratiques » de travail augmente l'efficacité de l'aspiration. Les détails des systèmes de ventilation par aspiration à la source sont explicités dans les documents d'OSHA [24] et du NIOSH [60, 61]. Les points à surveiller pour le choix du collecteur de poussières sont le poids, la maniabilité, la visibilité de la surface et la durabilité [62]. Les avantages d'utiliser la ventilation par aspiration à la source intégrée à l'outil sont : la réduction du risque, la possibilité d'utiliser un appareil de protection respiratoire moins contraignant, la protection des autres travailleurs sur le même chantier durant les travaux, la protection du travailleur durant les expositions à de fortes concentrations pendant de courts épisodes et la réduction de l'entretien du chantier [63]. Il faut porter une attention particulière à la sortie du système de ventilation par aspiration à la source pour ne pas rejeter des substances nocives (silice cristalline et autres) dans l'air ambiant.

Substitution

La substitution est une méthode de prévention primaire consistant à éliminer l'utilisation d'une substance dangereuse en la remplaçant par une autre moins dangereuse ou par un procédé différent [64].

Il est possible de remplacer la silice cristalline dans certains matériaux utilisés dans l'industrie de la construction. Ainsi le Ministère du Travail de l'Ontario recommande le remplacement des meules en grès par des meules à base de corindon (oxyde d'aluminium) et la pose de briques réfractaires en magnésite (carbonate de magnésium) ou en corindon dans les fourneaux au lieu des briques siliceuses [65]. La silice cristalline est aussi utilisée depuis longtemps comme matière de charge dans de nombreux produits utilisés dans l'industrie de la construction, par exemple bouche-pores, composés à joints, enduits, peintures [66]. L'utilisation de composés à joints sans silice est recommandée comme étant la méthode de choix pour prévenir la silicose chez les jointoyeurs (tireurs de joints) [24]. Dans certains cas, il serait même possible de remplacer une partie du sable siliceux par de la castine (pierre à chaux) dans la fabrication du béton, sans compromettre ses qualités techniques [67].

Puisque les travailleurs de la construction interviennent souvent sur des matériaux contenant déjà de la silice cristalline, le remplacement de la silice dans les matériaux ajoutés n'élimine pas toute exposition à cette substance. La substitution est donc une méthode de prévention qu'il faut nécessairement appliquer concurremment à d'autres méthodes de maîtrise de l'exposition dans l'industrie de la construction. Rappelons que la substitution est aussi possible dans le cas du grenailage au jet de sable [4, 5, 6, 68] mais ce procédé n'était pas couvert par le mandat de ce travail.

Autres techniques de maîtrise de l'exposition

HABITACLE

Certaines tâches des travailleurs sur les chantiers de construction s'accomplissent à l'aide de véhicules lourds, dont l'habitacle peut être conçu pour protéger l'opérateur des poussières [24, 69, 70]. Pour être efficace et s'appliquer à la fois aux exigences de la protection de l'environnement et des travailleurs qui ne sont pas dans l'habitacle, ces véhicules doivent utiliser, en complémentarité, la ventilation par aspiration à la source, pour laquelle des systèmes sophistiqués de collection de la poussière existent commercialement et l'arrosage qui est possible et efficace, mais plus difficile à utiliser dans certains cas à cause des problèmes de colmatage et d'élimination de l'eau usée. La machinerie pour démolition à l'aide d'un bélier [71] en est un exemple. La technologie utilisée dans les mines et l'agriculture peut également s'appliquer dans les secteurs de la construction [69, 72-74]. Évidemment cette solution est efficace tant que l'opérateur peut rester à l'intérieur de l'habitacle en gardant les portes et fenêtres fermées. Le système de filtration d'une cabine de véhicule, qui s'applique à tout autre équipement lourd, aurait une efficacité de 99 % pour les aérosols > 3 µm mais diminuerait progressivement pour les plus petits diamètres. Ceci équivaut à un facteur de protection de 100. Pour y parvenir, il est souhaitable que l'habitacle soit climatisé et que le système de ventilation soit bien entretenu. L'arrosage est possible et efficace mais plus difficile à utiliser dans certains cas à cause des problèmes de colmatage et de l'élimination de l'eau usée.

ABAT-POUSSIÈRE

Les abat-poussières servent à protéger les travailleurs qui effectuent l'entretien des chantiers et leurs collègues qui peuvent être à l'œuvre durant les opérations d'entretien. Il existe deux grandes techniques de fonctionnement des abat-poussières : le mouillage et l'encapsulation. Les abat-poussières sont largement utilisés, mais leur efficacité dans des contextes spécifiques est peu ou pas documentée [24]. Une étude rapporte la comparaison en laboratoire de la performance, sur des morceaux de différents bétons, de l'eau (efficacité : 45 %), du Coherex[®] (émulsion aqueuse de résines d'hydrocarbures et d'agents mouillants non identifiés) (efficacité : 45 %) et d'un encroûtement (polyacrylate en phase aqueuse) (efficacité : 48 %) [70].

ENTRETIEN DES LOCAUX

L'entretien des locaux est important pour éviter que la poussière déposée ne soit remise en suspension dans l'air par les activités de nettoyage et, subséquemment, par les activités courantes sur un chantier de construction. Il est souhaitable :

- de remplacer le balayage à sec par le balayage humide en enlevant l'eau et les débris avec une raclette ou un aspirateur industriel eaux et poussières
- d'interdire l'utilisation de jet d'air pour évacuer la poussière ou s'en débarrasser
- si possible, de se placer en amont des sources d'émission des poussières
- d'asperger les dépôts ou les amas de poussière avec une quantité suffisante d'eau
- autant que possible, d'arroser abondamment les matériaux ou les déchets poussiéreux avant de les transporter ou de les manipuler

Évidemment, l'utilisation de l'eau nécessite la prévention du gel et la prise en compte du risque électrique. L'eau est particulièrement efficace pour éviter la suspension des poussières dans l'air, mais l'addition de tensioactifs augmente sa capacité à mouiller les poussières en profondeur. D'autres produits peuvent être utilisés pour réduire la poussière provenant du sol. Ce sont :

- des polymères acryliques
- de l'asphalte solide ou liquide
- des sels chlorés
- des composés de lignine
- des résines d'huile naturelle
- des émulsions de résines organiques

Une publication d'OSHA [24] donne plus de détails sur chacun de ces composés.

Dans les cas où l'utilisation de l'eau n'est pas possible pour des considérations opérationnelles, en présence de matériaux fissurés ou de surfaces accidentées, l'usage d'un aspirateur industriel avec filtre à haute efficacité est une bonne méthode d'entretien des locaux. Il faut alors prévoir la formation du travailleur sur le bon fonctionnement de l'aspirateur et, surtout, sur la manipulation des sacs ou des collecteurs de poussière.

4.5.2 Moyens de maîtrise spécifiques à certains outils

Cette section résume les moyens de maîtrise décrits dans la littérature scientifique et technique. La description détaillée de chacun peut être consultée dans les documents, tout spécialement ceux d'OSHA [24], du HSE [48] et de NIOSH [61, 75-77].

Les outils sont présentés en ordre décroissant des émissions de silice cristalline documentées dans la section sur l'exposition, soit : la scie portative à maçonnerie et le banc de scie à maçonnerie [24] > le marteau perforateur/piqueur (rotary hammer, etc.) et la perceuse à percussion et outils semblables > la meuleuse de finition de surface > la meuleuse pour joints de briques/pierres > la ponceuse de cloison sèche et autres outils divers.

Pour des renseignements techniques détaillés sur les outils disponibles en Amérique du Nord, le lecteur peut consulter les solutions proposées par « The Center for Construction Research and Training » [78].

Scie portative à maçonnerie et banc de scie à maçonnerie

Arrosage

Incorporé à l'outil, l'arrosage par jet d'eau sur la lame de la scie permet de respecter la VLE d'OSHA dans la plupart des cas d'utilisation d'un banc de scie et d'une scie portative à l'extérieur. Dans le cas de l'utilisation de la scie portative à maçonnerie à l'intérieur, l'arrosage peut ne pas être suffisant pour se conformer à la VEA-VEMP du Québec ($0,1 \text{ mg/m}^3$). Le recours à la protection respiratoire devient alors nécessaire [24].

Ventilation par aspiration à la source

L'utilisation d'un banc de scie à maçonnerie avec ventilation par aspiration à la source intégrée à l'outil permet de réduire l'exposition de courte durée de 80 à 95 %. Cette réduction ne permet pas cependant de se conformer à la VEA-VEMP du Québec dans tous les cas. Une protection respiratoire doit être utilisée.

Marteau perforateur/piqueur, perceuse à percussion et outils semblables

Cette section regroupe différents outils qui servent au bris, à la démolition ou au perçage de trous de petits diamètres dans le béton, l'asphalte et autres matériaux de construction. Ces outils requièrent des techniques semblables de ventilation par aspiration à la source, d'arrosage et de bonnes pratiques de travail.

Arrosage

Il n'existerait pas de marteau perforateur/piqueur et de perceuse à percussion avec système d'arrosage intégré à l'outil [76, 79]. Toutefois, l'ajout d'un système d'arrosage est simple et peu dispendieux [76, 80]. L'arrosage manuel par un aide formé pour cette tâche est aussi efficace. Il semble que l'arrosage permettrait de se conformer à la norme OSHA de $0,1 \text{ mg/m}^3$, sauf en utilisation à l'intérieur d'un édifice, mais pas à la valeur recommandée par l'ACGIH, qui était de $0,05 \text{ mg/m}^3$ lors de la publication du rapport consulté [24].

Ventilation par aspiration à la source

Disponibles commercialement, tous ces outils peuvent être munis d'un cylindre souple, doté d'une buse d'aspiration, qui entoure la mèche ou la pointe de l'outil et qui vient s'appuyer sur la surface autour du point d'émission de la poussière. Les détails des caractéristiques de l'installation sont décrits dans le document d'OSHA [24], qui couvre aussi les utilisateurs occasionnels et les modifications à un outil déjà existant [24, 76, 80]. Quatre possibilités d'arrangement permettant de réduire de 94 % la concentration moyenne de poussière respirable de silice cristalline sont décrites par Shepherd et coll. [81]. Les résultats sont bien en deçà du $0,1 \text{ mg/m}^3$, mais d'autres améliorations seraient requises pour assurer la conformité à la valeur limite d'exposition (VLE) proposée par l'ACGIH de $0,025 \text{ mg/m}^3$. L'adaptation de ce montage à d'autres outils (meuleuses de surface ou de joints) n'est probablement pas réalisable.

Meuleuse de finition de surface

Les meuleuses manuelles de finition de surface sont des outils électriques ou pneumatiques qui servent à la finition des surfaces ou à la formation de rainures [24, 61].

Arrosage

En général, des meuleuses de finition de surface avec arrosage vers le disque, intégré à l'outil, permettent de respecter la valeur limite d'exposition d'OSHA même sur les surfaces inégales ou dans les coins, là où la ventilation par aspiration à la source est moins efficace. L'arrosage demande une certaine formation du travailleur, qui peut perdre de l'acuité visuelle à cause du brouillard d'eau et du changement de coloration de la surface mouillée. De plus, la formation de boue par contact entre l'eau et la poussière nécessite des étapes de nettoyage de la surface par un aspirateur industriel ou par rinçages successifs. Malgré ces limitations, l'arrosage demeure une technique de maîtrise très efficace dans le cas des meuleuses de finition de surface.

Ventilation par aspiration à la source

Les meuleuses de finition de surface avec aspiration à la source disponibles sur le marché peuvent réduire l'exposition de 80 à 95 %, ce qui n'est pas toujours suffisant pour respecter les réglementations.

Les bonnes pratiques de travail

Quelques bonnes pratiques de travail favorisent la diminution des émissions de poussières par les meuleuses de finition de surface :

- bien choisir la grosseur et la nature du disque (petit diamètre = moins de poussière)
- utiliser le disque à la rugosité la moins grande pour faire le travail
- utiliser des perches assujetties à l'outil qui permettent d'éloigner le travailleur du point d'émission
- favoriser les méthodes de travail qui diminuent le temps de meulage, c'est-à-dire effectuer le meulage sur le béton frais, utiliser un marteau, un burin ou un outil pneumatique pour enlever les grosses aspérités, utiliser des panneaux préfabriqués en usine, etc.
- si possible, ériger un enclos pour empêcher la poussière de se propager sur le reste du chantier ou de l'édifice [50]

Meuleuse pour joints de briques/pierres

Les meuleuses manuelles servent à enlever les joints de mortier entre les briques, les pierres ou les blocs de ciment.

Arrosage

Généralement, l'arrosage ne peut pas être utilisé pour deux raisons :

- une couche de poussière de mortier et l'eau forment une boue (« slurry ») qui se dépose sur le matériau
- l'eau peut s'infiltrer dans la structure du bâtiment

Ventilation par aspiration à la source

L'élimination à la source par aspiration intégrée à la meuleuse permet de diminuer la concentration de silice cristalline et de poussières respirables dans l'air, sans garantir la conformité aux valeurs limites d'exposition, mais en permettant l'utilisation d'une protection respiratoire moins contraignante. La protection respiratoire doit donc être utilisée, à peu près systématiquement, en complémentarité avec l'aspiration à la source [24, 77, 82-84].

Les bonnes pratiques de travail

Les bonnes pratiques de travail peuvent aussi réduire la concentration de silice cristalline dans l'air, augmenter l'efficacité d'aspiration du collecteur de poussières et permettre l'utilisation d'une protection respiratoire moins contraignante. Les bonnes pratiques de travail, dont l'application est souhaitable lors de l'utilisation d'une meuleuse pour joints de briques, sont :

- l'insertion appropriée du disque pour que l'outil affleure la surface et favorise l'aspiration par le collecteur de poussières

- le réglage de la profondeur du disque : plus la profondeur est grande, plus il y a de mortier projeté sous forme de poussières
- l'absence d'allers-retours : avancer lentement toujours dans la même direction
- éloigner la meuleuse de la surface et attendre un peu pour laisser le temps au système d'aspirer la poussière accumulée avant de remplacer le disque
- l'utilisation d'une force de déplacement normale et constante
- la préparation et l'entretien de l'équipement d'aspiration (essentielle)
- la formation du travailleur (essentielle)
- la position de l'aspirateur appropriée sous le niveau de l'outil et le changement régulier du sac sans attendre les bris ou les colmatages
- l'utilisation d'un aspirateur avec cyclone comme premier cycle de collection pour éviter le colmatage du filtre (sac) de l'aspirateur [82]

Plusieurs articles soulignent que l'application des techniques d'aspiration à la source, de la protection respiratoire et des bonnes pratiques ralentit le rythme et l'efficacité d'exécution du travail et que des améliorations techniques seraient nécessaires pour en favoriser l'utilisation [84-87].

Ponceuse de cloison sèche

Aucune référence n'a pu être trouvée sur l'exposition à la silice cristalline des plâtriers qui utiliseraient des produits contenant de la silice cristalline. Tous les résultats recueillis sont en poussière «totale» ou respirable. Mais, étant donné que cette opération crée inévitablement beaucoup de poussière, il est recommandé d'utiliser de toute façon des moyens de maîtrise de l'exposition.

Ventilation par aspiration à la source

Les ponceuses avec ventilation intégrée disponibles commercialement ont une efficacité de 80 à 97 % en poussière totale [24]. L'utilisation d'une perche en plus de l'outil pour éloigner le travailleur de la source d'émission réduit l'exposition en poussière totale de 96 % et le ponçage manuel avec perche, de 95 %.

Mouillage à l'éponge

Le mouillage à l'aide d'une éponge humide permet de réduire l'exposition en cours de ponçage, de 60 % [88]; ce qui constitue une amélioration, mais demeure loin de l'efficacité de la ventilation par aspiration à la source.

4.5.3 Évaluation de l'efficacité des moyens de maîtrise

Les données sur l'efficacité des moyens techniques de maîtrise de l'exposition sont présentés au tableau 5, tels que rapportés dans les documents en incluant les résultats en zone respiratoire, en poste fixe et les observations avec des instruments à lecture directe (ILD). Notons que les interprétations sur la capacité des différents moyens de maîtrise à se conformer aux valeurs d'exposition proviennent des auteurs des articles cités. Lorsque les auteurs ont mentionné des efficacités à différents niveaux d'ajustement des équipements, tels que le débit d'eau ou de ventilation, la configuration la plus performante a été rapportée dans le tableau.

Tableau 5 - Réduction de l'exposition en utilisant un moyen de maîtrise tel que rapporté dans divers documents

Outil	Matériau	Moyen de maîtrise	MApr ¹	N ²	MAq ³	C ⁴
			%		%	
Meuleuse pour joints de briques/pierres	Mortier[85]	Ventilation par aspiration sur l'outil	97	10	92	non
	Mortier[86]		98	NP ⁵	-	NA ⁵
	Mortier[63]		86	13	85	non
	Mortier[87]		-	5	91-93	non
	Mortier[89]	Arrosage intégré à l'outil	99	5	98	non
	Béton [14]	Arrosage intégré à l'outil	81	5	84	non
	Grès calcaire (pierre)[12]	Aspiration ou arrosage intégré à l'outil	91	5	-	NA
Meuleuse de finition de surface	Béton[90]	Ventilation par aspiration sur l'outil	92		-	NA
	Béton[63]		96	2	94	non
	Béton [62]		>90	40	-	NA
	Bloc de béton[87]		94	5	-	NA
	Brique[87]		91	5	-	NA
	Grès calcaire (pierre)[12]	>99	3		NA	
	Béton[91]	Arrosage manuel de la surface par un brouillard d'eau	97	7	98	non
Marteau perforateur	Béton[92]	Arrosage intégré à l'outil	72-90	4	-	NA
		Aspiration intégrée à l'outil	58	4	-	NA
	Béton[93]	Arrosage intégré à l'outil	71 ⁶	4	77 ⁶	non
	Béton [81]	Aspiration intégrée à l'outil	85	14	94	non
	Béton [94]	Arrosage (atomisation) intégré à l'outil	73	4	86	non
			85	4	64	non
	Béton [95]	Ventilation générale	17	4	25	non
		Ventilation par aspiration à la source	54	4	69	non
Ventilation générale et par aspiration à la source		69	4	78	non	
Scie portative à maçonnerie	Bloc de béton[63]	Arrosage intégré à l'outil	91	5	-	NA
Banc de scie	Bloc de béton[87]	Arrosage intégré à l'outil	91	5	-	NA
	Brique[87]		91	5	-	NA
Balai	Grès calcaire (pierre)[12]	Aspiration à la source	84-99	-	-	NA
		Arrosage	12-99	-	-	NA
Ponceuse manuelle	Composé à joint [96]	Aspiration intégré à l'outil	80-97	-	-	NA
		Utilisation d'une tige sans ventilation à la source	45	-	-	NA
Appareil de compactage (léger, 81 kg)	Sol [94]	Arrosage (atomisation) intégré à l'outil	87	8	88	non

Outil	Matériau	Moyen de maîtrise	MApr ¹	N ²	MAq ³	C ⁴
			%		%	
Appareil de compactage (lourd, 449 kg)	Sol [94]	Arrosage (atomisation) intégré à l'outil	56	8	0	non
Fraiseuse routière à froid	Asphalte [97]	Arrosage (17 gpm ⁶)	-	-	74	-
		Arrosage (convoyeur, 7 gpm ⁶)	-	-	60	-
	Asphalte [98]	Arrosage	-	-	0	-
	Asphalte [99]	Arrosage	50-75	-	65	Non ⁷
Perceuse	Béton [100]	Aspiration à la source	89	21	-	NA

1 : moyenne arithmétique de réduction de l'exposition en utilisant les mesures de poussières respirables.

2 : nombre de résultats.

3 : moyenne arithmétique de réduction de l'exposition en utilisant les mesures de quartz respirable.

4 : capacité du moyen de maîtrise à assurer le respect de la réglementation nationale ou de la valeur de référence de la silice cristalline en supposant une exposition de 8 heures.

5 : NP = Non précisée et NA = non applicable, faute de résultats en silice cristalline.

6 : gpm : gallons (US) par minute.

7 : comparativement à la valeur limite néerlandaise de 0,075 mg/m³. Les résultats réfèrent aux grosses fraiseuses (largeur : 2100 mm). Les plus petites machines sont en deçà de la norme.

Pour se référer au contexte québécois, le lecteur doit tenir compte des différentes valeurs limites d'exposition proposées par les divers organismes ou imposées par les réglementations gouvernementales. Ainsi, OSHA utilise une valeur de référence de 0,1 mg/m³ (8 heures)⁴ identique à la VEA-VEMP actuellement en vigueur au Québec pour la silice cristalline respirable (quartz), tandis que NIOSH propose 0,05 mg/m³ (10 heures) et que l'ACGIH recommande 0,025 mg/m³ (8 heures). L'ACGIH propose une valeur limite d'exposition moyenne (TWA) de 3 mg/m³ (8 heures) pour les particules respirables insolubles ou peu solubles non spécifiées autrement (PNOS), alors que le Québec n'a pas de valeur limite d'exposition pour les poussières respirables non classifiées autrement.

En résumé, le tableau 5 indique que l'aspiration à la source intégrée à l'outil sur les meuleuses pour joints de briques/pierres, ainsi que l'aspiration à la source ou l'arrosage sur les meuleuses de finition de surface, sur les scies portatives à maçonnerie et les bancs de scie procurent des performances entre 90 et 99 %. Le ponçage de composés à joints avec aspiration intégrée à la ponceuse donne des efficacités de 80 à 97 % de poussière respirable. Dans le cas du ponçage, aucune publication sur le niveau d'exposition à la silice cristalline n'a été repérée. Les efficacités ont varié de « non-significatives » à 88 %. Les résultats très fragmentaires à 0 % du compactage de sol et de la fraiseuse routière à froid sont des mesures à l'extérieur, où les quelques déterminants de l'exposition ne permettent pas d'expliquer les résultats.

⁴ La valeur légale aux États-Unis (OSHA) pour les chantiers de construction est de 250 mppcf / (% de silice cristalline + 5). Mais cette valeur est considérée comme obsolète par les scientifiques d'OSHA dans le cadre de l'évaluation de la performance des moyens techniques de maîtrise de l'exposition et une valeur repère « Benchmark » de 0,1 mg/m³ est recommandée [19].

4.6 Base de données relationnelle

Une base de données Microsoft Access[®] a été préparée de manière à répondre aux objectifs présentés à la section 3.7. L'information qui s'y trouve est issue de la compilation de toutes les données d'exposition avant qu'elles ne soient transformées, tel que décrit à la section 3.4.

5.DISCUSSION

5.1 Analyse des niveaux d'exposition

Les résultats présentés à la section 4.4 sont issus d'une synthèse d'études provenant de divers pays, motivées par des objectifs variables (épidémiologie, maîtrise de l'exposition ou vérification de conformité réglementaire) et dont les conditions entourant l'exposition sont documentées de façon inégale. Cependant, la grande majorité des données d'exposition étant nord-américaines, et compte tenu de l'effort d'adaptation au contexte québécois, les niveaux d'exposition présentés dans ce travail peuvent représenter adéquatement la situation au Québec, particulièrement lorsqu'il s'agit d'établir une priorité d'intervention dans le secteur de la construction.

La matrice emplois-expositions de l'InVS [45], le rapport du BGIA [42], le rapport d'ERG [43] et le projet de l'ACGIH [11] ont été retenus à titre d'éléments de comparaison avec les résultats de notre étude. La comparaison des niveaux d'exposition associés aux titres d'emploi de la banque de données avec les autres sources d'information est présentée à l'annexe 8 et celle concernant les tâches exécutées se trouve à l'annexe 9. Plusieurs valeurs de tâches présentées dans le rapport du BGIA [42] ont été incluses à titre d'information dans l'annexe 9, même si elles n'ont pas d'équivalent dans notre banque de données.

Titres d'emploi

Il ressort de la figure 1 (section 4.4.1) que plusieurs titres d'emploi sont potentiellement associés à des niveaux d'exposition à la silice cristalline moyens, sur une période de 8 heures, supérieurs à la VEA-VEMP du Québec.

Il semble que les travailleurs souterrains soient particulièrement à risque d'être surexposés, possiblement en raison de la nature « confinée » de leur environnement de travail. Dans le cas de ces travailleurs, une précision s'impose. Dans les conventions collectives de la construction du Québec [36-39], seul le titre d'emploi « Travailleur souterrain » existe. Une distinction selon le type de travail accompli a été ajoutée, créant ainsi quatre sous-titres d'emploi : arpenteur, manœuvre pipeline, foreur et manœuvre spécialisé ». Cependant les deux premiers sous-titres d'emploi ont été fusionnés dans la dénomination « Travailleur souterrain (Autre) » pour respecter la règle de « n » \geq 5 (voir section 3.6). Le « Travailleur souterrain (Arpenteur) » a obtenu la moyenne la plus élevée des travailleurs souterrains, soit une valeur de 0,37 mg/m³ de silice cristalline respirable pour 3 mesures. Bien que le travail de l'arpenteur ne génère pas de silice cristalline, sa présence fréquente à proximité du tunnelier expliquerait ce niveau d'exposition; d'ailleurs la valeur de 0,39 mg/m³ mesurée sur une période de 390 minutes chez l'opérateur du tunnelier, tel que décrit à la section 4.4.2, est cohérente avec cette hypothèse.

L'utilisation fréquente d'une meuleuse par le briqueteur-maçon et le cimentier-applicateur ainsi que l'utilisation continue de la machine à forer par le foreur sont certainement à l'origine des niveaux d'exposition élevés pour ces trois titres d'emploi. L'analyse plus fine des résultats de la figure 1 (section 4.4.1) montre que certains titres d'emploi, tels le briqueteur-maçon et le cimentier-applicateur, comportent une variété de tâches avec des niveaux d'exposition très différents. De plus, ces tâches peuvent être suffisamment longues durant une journée de travail pour être la seule source responsable du niveau moyen d'exposition à la silice cristalline

respirable sur 8 heures. L'exposition du couvreur, dont la moyenne des données d'exposition est de $0,14 \text{ mg/m}^3$, a été exclue de la figure 1 parce qu'elle ne s'applique qu'aux travailleurs faisant l'installation ou la rénovation de toitures en plaques de béton, situation exceptionnelle au Québec. Ces résultats ne peuvent pas être étendus aux couvreurs qui utilisent d'autres matériaux, tels que ceux utilisés sur les toits goudronnés.

Lorsque le grenailage au jet de sable est exclu des tâches du manœuvre pipeline, c'est le manœuvre spécialisé qui est le plus exposé à la silice cristalline respirable parmi les trois manœuvres (spécialisé, pipeline et journalier), lors de la réalisation d'un grand nombre de tâches différentes. Puisque ce travailleur utilise régulièrement les outils générant les niveaux d'exposition les plus élevés, tels la scie portative à maçonnerie et le marteau-perforateur, il est clair qu'une attention particulière doit être portée à ce titre d'emploi.

Les titres d'emploi présentés dans la matrice emplois-expositions de l'InVS ne sont pas directement transposables selon la codification utilisée dans notre banque de données. De plus, les niveaux d'exposition sont exprimés de manière relative dans cette matrice, ce qui rend impossible une comparaison avec des niveaux présentés en mg/m^3 . Cependant, les travailleurs associés aux diverses activités de démolition et de nettoyage (manœuvre spécialisé, pipeline et journalier), les briqueteurs-maçons et les cimentiers-applicateurs sont associés aux groupes les plus exposés de cette matrice, tout comme ils le sont dans notre liste (figure 1 et annexe 4).

Un faible niveau d'exposition est observé chez des opérateurs d'équipement lourd, aux commandes de machines à cabine fermée. En effet, l'opérateur, dans sa cabine, est isolé de la source d'émission alors qu'un opérateur sur la même machine, mais sans cabine, ou un travailleur faisant la même tâche avec un outil portatif, ne le sont pas. Bien qu'aucune mesure de l'exposition dans la banque de données ne mette ce phénomène en évidence, la différence entre ces deux façons d'exécuter une même tâche est visible dans une compilation d'emplois semblables dans les mines de surface aux États-Unis. Tous les emplois manuels évalués entre 1988 et 1992 (3 192 mesures) ont des niveaux d'exposition supérieurs à $0,05 \text{ mg/m}^3$, alors que tous les conducteurs d'engins (avec et sans cabine) ont des niveaux inférieurs à $0,05 \text{ mg/m}^3$ (5 672 mesures) [101]. Parmi les opérateurs d'équipement lourd, les opérateurs de fraiseuse routière et de tunnelier doivent être considérés à part.

Contrairement à plusieurs machines qui peuvent être équipées de cabines fermées et ventilées, les fraiseuses routières décrites dans nos sources de données n'en sont pas pourvues. Seuls l'arrosage et l'aspiration à la source sur les pièces mobiles de cette machine permettent de réduire les niveaux d'exposition des opérateurs. Les mesures décrivant cette exposition proviennent de trois sources de données et concernent l'essai sur le terrain de plusieurs moyens de maîtrise efficaces pour diminuer l'émission de poussières respirables provenant de ces équipements. Ces machines récentes étaient conçues pour réduire au minimum l'exposition des opérateurs. Aucun niveau d'exposition associé à l'utilisation des fraiseuses routières fonctionnant sans moyens de maîtrise n'est toutefois disponible dans la banque de données. Bien que le niveau d'exposition moyen aux commandes des fraiseuses routières soit trois fois plus élevé que celui des opérateurs d'équipements lourds à cabines fermées, il est probablement le plus faible qu'on puisse rencontrer avec ce genre d'équipement. D'ailleurs, en consultant l'annexe 9, on relève une disparité importante pour la « Coupe au diamant du béton ou de l'asphalte », ce qui correspond à la tâche d'un « Opérateur d'équipement lourd » aux commandes

d'une fraiseuse routière. Les mesures allemandes, prises durant la tâche, indiquent un niveau d'exposition de $0,42 \text{ mg/m}^3$ (146/23), alors que notre banque de données propose $0,02 \text{ mg/m}^3$ (40/3), soit une valeur vingt fois moins élevée. Les mesures de la banque de données reflétant les conditions « idéales » d'opération d'une fraiseuse routière, le niveau d'exposition proposé par le BGIA serait plus représentatif dans les conditions rencontrées au Québec. L'évaluation de l'exposition de l'opérateur d'équipement lourd aux commandes d'un tunnelier pour le forage de tunnels, réalisée sur une durée de plus de six heures, indique que la VEMP est au minimum de $0,32 \text{ mg/m}^3$. Ce niveau d'exposition quotidien est le même que celui des travailleurs souterrains les plus exposés.

La comparaison des niveaux d'exposition associés aux titres d'emploi de l'annexe 8 ne révèle pas de disparité majeure à l'exception de l'« Opérateur d'usines fixes ou mobiles » où le niveau d'exposition retenu par ERG est 5 fois plus élevé que celui de notre banque de données. Le faible nombre de mesures ($n=5$, dans les deux cas) pourrait être à l'origine de cette différence, de même que le type d'« usine fixe et mobile ».

La lecture de la description des tâches de chacun des titres d'emploi du Règlement sur la formation professionnelle [35] et des conventions collectives du secteur de la construction du Québec [36-39] permet d'établir que quelques tâches peuvent être assignées à plus d'un titre d'emploi au Québec. Une contrainte de notre grille de saisie rendait impossible de saisir plus d'un titre d'emploi dans une même ligne d'information. Dans le cas de quelques tâches pouvant être exécutées par plus d'un titre d'emploi, il devenait nécessaire de choisir l'un ou l'autre de ces titres d'emploi. Par exemple, le sciage de pièces de maçonnerie peut dans certains cas être attribué au briqueteur-maçon ou au manœuvre spécialisé, le cassage de pièces de maçonnerie au manœuvre spécialisé ou manœuvre pipeline et le déplacement manuel de petites pierres, sol, etc., au manœuvre (journalier) ou manœuvre spécialisé. Une analyse plus poussée de ces données devrait prendre en compte cette contrainte.

Tâches et autres paramètres

Le sciage de pièces de maçonnerie à l'aide d'une scie portative à maçonnerie est la tâche qui génère les niveaux d'exposition les plus élevés à l'exception du grenailage au jet de sable. Les conditions précaires, qui justifient souvent l'utilisation de cet outil plutôt qu'un banc de scie à maçonnerie, rendent probablement plus difficile l'utilisation de moyens de maîtrise, comme la ventilation par aspiration à la source ou l'arrosage, plus facilement installés sur un banc de scie ou sur une scie à béton à contrôle arrière.

Le cassage de pièces de maçonnerie en béton ou en céramique à l'aide de marteaux perforateurs/piqueurs, serait la deuxième tâche en importance quant aux niveaux d'exposition à la silice cristalline. De plus, comme dans le cas du sciage, ces tâches peuvent représenter près d'une demi-journée de travail pour un manœuvre spécialisé.

Le niveau moyen d'exposition de $0,1 \text{ mg/m}^3$ lors du contrôle de la circulation pourrait s'appliquer à toute personne travaillant sur un grand chantier où la circulation est intense sur un sol sec et friable. Compte tenu du niveau observé, l'arrosage régulier des voies de circulation des grands chantiers est fortement recommandé.

Ce qui semble avoir le plus d'impact sur les niveaux d'exposition observés lors de tâches manuelles, telles que le meulage et le cassage de pièces de maçonnerie, est l'utilisation des moyens de maîtrise qui sont intégrés ou intégrables aux outils utilisés pour accomplir ces tâches. La majorité des outils utilisés pour les travaux manuels, dont la marque de commerce était identifiée, possédaient des accessoires du fabricant, conçus pour réduire l'émission de poussières. Notons également que les marques commerciales des outils documentés sont disponibles sur le marché mondial. La figure 5 démontre clairement l'efficacité de ces accessoires à diminuer le niveau d'exposition dans la zone respiratoire du travailleur dans des conditions réelles d'utilisation.

Plusieurs tâches ont le potentiel d'exposer les travailleurs de la construction à des niveaux très élevés de silice cristalline respirable sur des durées de moins d'une heure, de telle sorte que leur VEMP est déjà atteinte ou dépassée à la fin de ces tâches. Les instruments de prélèvements utilisés actuellement au Québec ne permettent pas, à cause de leur faible débit volumique d'utilisation, d'identifier ces niveaux d'exposition. Des instruments commerciaux à plus haut débit volumique existent [46] et pourraient être utilisés pour l'étude de ces tâches à haut risque, mais de courte durée.

5.2 Analyse des moyens de maîtrise et de leur efficacité

Il existe des moyens techniques de maîtrise de l'exposition et de « bonnes pratiques » du travail qui permettent de diminuer de façon significative les concentrations de silice cristalline dans l'air des chantiers de construction. En général, en termes d'efficacité, l'arrosage est perçu comme la technique la plus efficace mais en termes d'applicabilité, la ventilation à la source présente moins de désavantages opérationnels. Cependant, les publications sur l'efficacité de l'arrosage et de la ventilation à la source (tableau 5) ne semblent pas appuyer cette perception. De plus, quoique peu nombreuses et souvent incomplètes, ces études indiquent leur incapacité à garantir seules la conformité aux valeurs limites d'exposition. Les recherches sur l'amélioration des techniques de maîtrise de l'exposition doivent donc être priorisées pour parvenir à diminuer le nombre de maladies professionnelles reliées à la silice.

Deux observations s'ajoutent aux résultats sur l'efficacité des moyens de maîtrise. En premier lieu, on note que l'évaluation en poussières respirables donne généralement des pourcentages d'efficacité proches de ceux retrouvés dans le cas de l'évaluation en quartz respirable. Par conséquent, la mesure de l'un ou l'autre des contaminants pourrait être utilisée pour des évaluations de l'efficacité des moyens de maîtrise. Toutefois, alors que la conformité à la valeur limite d'exposition de la poussière respirable (3 mg/m^3) est presque toujours atteinte avec les moyens techniques de maîtrise de l'exposition, il ressort du tableau 5 que ces mêmes moyens permettent beaucoup moins souvent de respecter la valeur limite d'exposition du quartz ($0,1$ à $0,025 \text{ mg/m}^3$). Les résultats en poussières respirables, bien qu'utiles dans d'autres situations, comme évaluer l'efficacité des moyens de maîtrise, ne devraient donc pas être utilisés pour une évaluation du risque.

Il n'y a pas d'études que nous ayons recensées, sur l'efficacité des « bonnes pratiques » et de l'utilisation simultanée de l'arrosage et de la ventilation par aspiration à la source, lorsque c'est possible. Dans l'état actuel de nos connaissances, il faut donc recourir à la protection respiratoire

[83] ou à des mesures administratives en complémentarité aux moyens techniques de maîtrise de l'exposition.

Selon l'information recueillie sur les appareils de protection respiratoire (voir section 4.4.3), il semble que les travailleurs ne portent pas régulièrement leurs APR durant leur période de travail, ce qui réduit énormément leur efficacité. Dans la mesure où le port de la protection respiratoire devient nécessaire pour réduire les niveaux d'exposition sous les valeurs réglementaires, des programmes de protection respiratoire conformes aux exigences du RSST [21] devront être mis en place sur les chantiers de construction. La collecte de données additionnelles pourrait permettre de déterminer dans quelle tâche la protection respiratoire est le plus utilisée et de justifier le choix du type d'APR.

Le recours à des mesures administratives a été évoqué dans quelques publications. Sur la base de leurs connaissances des niveaux d'exposition de certaines tâches, Echt et coll. [93] établissent un temps maximal de 4 à 6 heures par jour pour l'utilisation d'un marteau-piqueur. Les mêmes auteurs [89], dans une autre industrie, évaluent une durée maximum d'exposition de 22 minutes pour l'utilisation d'une scie portative à maçonnerie avec aspiration intégrée à l'outil durant un quart de 8 heures. Cette grande variabilité dénote bien la nécessité de connaître le niveau d'exposition associé à chaque tâche, dans chaque secteur, avant d'avoir recours à des mesures administratives.

Il faut ajouter que la protection respiratoire et les mesures administratives ne devraient pas être envisagées comme des solutions définitives, mais plutôt comme une nécessité provisoire en attendant de mieux connaître les niveaux d'exposition et l'efficacité des méthodes de maîtrise. De plus, même si le « Code de sécurité pour les travaux de construction » du Québec [102] n'exige pas de surveillance environnementale, les lacunes sur la connaissance des niveaux d'exposition devraient être comblées pour assurer une utilisation correcte de la protection respiratoire et du contrôle de l'efficacité des moyens de protection.

6. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

6.1 Emplois et tâches les plus exposés

Les titres d'emploi les plus à risque dans la construction ont été classés en trois groupes en fonction de leur niveau d'exposition à la silice cristalline respirable.

1. Les travailleurs souterrains (manœuvre spécialisé, manœuvre pipeline, arpenteur et foreur) ainsi que les opérateurs d'équipement lourd aux commandes de tunneliers forment un premier groupe, exposé nettement au-dessus de la valeur réglementaire du Québec (de deux à quatre fois).
2. Les cimentiers-applicateurs, les briqueteurs-maçons, les foreurs, les manœuvres spécialisés et les opérateurs d'équipement lourd aux commandes de fraiseuses routières représentent un deuxième groupe, exposé en moyenne à des niveaux supérieurs ou proches de la valeur réglementaire (de une à deux fois).
3. Les manœuvres spécialisés (carreleurs), les manœuvres (journaliers), les opérateurs d'usines fixes et mobiles et les opérateurs d'équipement lourd (autres que les opérateurs de fraiseuses routières et tunneliers) représentent un troisième groupe exposé au-dessous de la valeur réglementaire (entre la moitié et un).

Les tâches et outils les plus exposants (tous au-dessus de deux fois la valeur réglementaire pendant la durée de la tâche) sont, en ordre décroissant : le sciage de pièces de maçonnerie avec scie portative à maçonnerie, le bouchardage, le cassage de pièces de maçonnerie (marteaux perforateurs-piqueurs sur béton ou céramique), le forage de tunnels (tunnelier) et le meulage de joints brique/pierre.

6.2 Les moyens de maîtrise et leur efficacité

La recherche bibliographique indique que la substitution de la silice cristalline doit être encouragée lorsque cela est possible, mais qu'elle demeure, la plupart du temps, difficilement envisageable dans le secteur de la construction, en raison de la présence de silice dans plusieurs des matériaux de base utilisés. Les moyens techniques de maîtrise de l'exposition, tels que l'arrosage et la ventilation par aspiration à la source, intégrés aux outils, sont bien connus et permettent de diminuer de façon importante la concentration de poussières de silice cristalline dans l'air, avec une efficacité dépassant généralement 90 %. Cependant ces moyens ne permettent pas de se conformer, dans la grande majorité des cas, aux valeurs limites d'exposition des différents pays et organismes, tout en ayant une influence négative sur la performance des opérations. Il est donc recommandé d'améliorer le plus possible l'utilisation de ces moyens techniques et d'appliquer des règles de bonne pratique, par exemple par l'adoption de certaines méthodes de travail permettant d'émettre moins de poussières et par le réglage et l'entretien des outils et des équipements. La formation des travailleurs à cet effet est essentielle. Il est recommandé d'utiliser, en complémentarité, la protection respiratoire. Les recherches devraient se concentrer sur l'amélioration du contrôle des émissions et sur la connaissance des niveaux d'exposition pour utiliser correctement la protection respiratoire dans les situations

incontrôlables (supérieures aux valeurs limites d'exposition) et pour confirmer l'efficacité des moyens de maîtrise en place.

6.3 Valorisation de la recherche

Dans le processus de collecte et d'analyse des documents, de nombreuses informations concernant les moyens de maîtrise associés à plusieurs tâches et à plusieurs outils spécifiques n'ont pu être exploitées. Nombre d'entre elles pourraient faire l'objet de documents de vulgarisation ou de guides visant à aider employeurs et travailleurs à faire des choix informés sur la sélection et l'utilisation des divers moyens de maîtrise disponibles actuellement.

6.4 Activités de recherche futures

La banque de données colligées dans le cadre de ce projet constitue une ressource unique sur le plan international pour la connaissance des niveaux d'exposition à la silice cristalline dans le secteur de la construction.

6.4.1 Exploitation de la banque de données par simulation numérique et modélisation statistique

Les analyses réalisées dans le cadre du présent projet ont permis d'identifier les tâches et les métiers les plus à risque dans le contexte québécois du secteur de la construction. Cependant, les analyses étant de type univarié, elles ne se prêtaient pas à l'étude d'influences simultanées de plusieurs variables, l'emploi de la stratification simple conduisant rapidement à des tailles d'échantillon trop faibles. De plus, la procédure consistant à répéter la même valeur un certain nombre de fois (pour simuler les mesures rapportées sous forme de moyenne) introduit un biais dans l'estimation de la variabilité des expositions, qui empêche de quantifier sans erreur l'incertitude associée aux résultats présentés.

L'emploi d'une approche développée initialement pour étudier l'exposition au formaldéhyde par certains des auteurs de ce rapport [31] permettrait de surmonter ces limites. Elle se base principalement sur l'emploi de la simulation Monte Carlo pour recréer l'échantillon d'origine dans les données agglomérées, sans introduction de biais, et sur l'emploi de modèles statistiques multivariés, qui permettent d'estimer de façon optimale les influences simultanées de déterminants, tout en tenant compte d'un effet « source d'information ». L'emploi de ces méthodes permettrait de raffiner considérablement le portrait dressé par la présente étude, ce qui rendrait possible l'application des résultats d'exposition à des décisions sur l'efficacité des moyens de maîtrise et sur la sélection des appareils de protection respiratoire.

6.4.2 Extension de la période temporelle couverte par la revue de littérature

La banque de donnée existante représente un outil de choix pour la prévention de l'exposition à la silice dans les conditions actuelles. Son extension vers des périodes passées (< 1990) représenterait un atout capital pour soutenir les études épidémiologiques, mais aussi pour établir des profils temporels, témoins des actions de prévention mises en place au fil du temps. De plus, ce travail consoliderait l'évaluation rétrospective de l'exposition professionnelle, parfois exigée

pour l'indemnisation des victimes de maladies professionnelles. En outre, les connaissances et l'expertise acquises dans cette future recherche sur l'exposition passée à la silice cristalline pourraient servir à l'étude rétrospective de l'exposition professionnelle à d'autres substances d'intérêt pour l'indemnisation.

Les lacunes sur la connaissance des niveaux d'exposition devront être comblées, dans le secteur de la construction au Québec, par une surveillance environnementale accrue, qui tiendra compte de différents paramètres influents mis en évidence dans cette étude. Ces données supplémentaires permettront de s'assurer d'une utilisation correcte de la protection respiratoire et du contrôle de l'efficacité des moyens de protection.

BIBLIOGRAPHIE

1. CSST. «**Plan d'action Construction 2007**». Commission de la santé et de la sécurité du travail, DC900-9119 (07-03), Québec, 2007. Page Web consultée le 2010-07-12. http://www.csst.qc.ca/publications/100/DC_100_450_1.htm
2. «**Programme d'intervention intégré (PII) - Décapage au jet d'abrasif**». Commission de la santé et de la sécurité du travail et Réseau public québécois en santé au travail. Page Web consultée le 2010-11-18. <http://www.santeautravail.net/Afficher.aspx?page=2025&langue=fr>
3. Roy, M., Fortier, L., Robert, A. M. et Giroux, D. «**Choix d'abrasifs, acceptabilité des substituts de la silice et adoption de mesures préventives lors du sablage au jet**». Rapport R-149. Institut de recherche en santé et en sécurité du travail, Montréal, 1997
4. Dion, C., Goyer, N. et Perrault, G. «**Évaluation de l'efficacité des moyens de prévention lors de l'utilisation de jet d'abrasif**». Rapport R-191. Institut de recherche en santé et en sécurité du travail, Montréal, 1998
5. Mélançon, J. «**La silice cristalline - Un ennemi sournois et redoutable**». *Prévention au travail*, vol. 20, n° 2, 2007, p. 7-14
6. La Mothe, G. «**Sablage au jet d'abrasif – Comment améliorer la prévention ?**». *Prévention au travail*, vol. 12, n° 1, 1999, p. 28-30
7. Forest, J. et C. Tremblay. «**Bilan de l'étude environnementale de l'exposition au quartz chez certains travailleurs du secteur BTP**». Direction de santé publique, Agence de la santé et des services sociaux de Montréal, Montréal, 2007
8. Tjoe, Nij E., A. Burdorf, J. Parker, M. Attfield, C. Van Duivenbooden et D. Heederik. «**Radiographic abnormalities among construction workers exposed to quartz containing dust**». *Occupational and Environmental Medicine*, vol. 60, n° 6, 2003, p. 410-417
9. Tjoe, Nij E., D. Heederik. «**Risk assessment of silicosis and lung cancer among construction workers exposed to respirable quartz**». *Scandinavian Journal of Work Environment & Health*, vol. 31, n° Suppl 2, 2005, p. 49-56
10. Chisholm, J. «**Respirable Dust and Respirable Silica Concentrations from Construction Activities**». *Indoor and Built Environment*, vol. 8, n° 2, 1999, p. 94-106
11. Flanagan, M. E., N. Seixas, P. Becker, B. Takacs et J. Camp. «**Silica Exposure on Construction Sites : Results of an Exposure Monitoring Data Compilation Project**». *Journal of Occupational & Environmental Hygiene*, vol. 3, n° 3, 2006, p. 144-152

12. Tjoe Nij E, S. Hilhorst, T. Spee, J. Spierings, F. Steffens, M. Lumens et D. Heederik. «**Dust Control Measures in the Construction Industry**». *Annals of Occupational Hygiene*, vol. 47, n° 3, 2003, p. 211-218
13. Beamer, B. R., S. Shulman, A. Maynard, D. Williams et D. Watkins. «**Evaluation of misting controls to reduce respirable silica exposure for brick cutting**». *Annals of Occupational Hygiene*, vol. 49, n° 6, 2005, p. 503-510
14. Thorpe, A., A. S. Ritchie, M. J. Gibson et R. C. Brown. «**Measurements of the Effectiveness of Dust Control on Cut-off saws Used in the Construction Industry**». *Annals of Occupational Hygiene*, vol. 43, n° 7, 1999, p. 443-456
15. Akbar-Khanzadeh, F., R. L. Brillhart. «**Respirable Crystalline Silica Dust Exposure During Concrete Finishing (Grinding) Using Hand-held Grinders in the Construction Industry**». *Annals of Occupational Hygiene*, vol. 46, n° 3, 2002, p. 341-346
16. Galloway, E. *Elimination of Silicosis in the Americas*, GOHNET Newsletter, The Global Occupational Health Network, Issue No. 12, 2007, p. 10-12
17. UE. *Accord sur la Protection de la Santé des Travailleurs par l'observation de Bonnes Pratiques dans le cadre de la manipulation et de l'utilisation de la silice cristalline et des produits qui en contiennent*. Journal officiel de l'Union européenne, vol. 49 (C 279), 2006, p. 2-8
18. NIOSH. *Health Effects of Occupational Exposure to Respirable Crystalline Silica*, DHHS (NIOSH) Publication No. 2020-129, National Institute of Occupational Safety and Health, Cincinnati, OH, 2001
19. IARC. *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Silica, Some Silicates, Coal Dust and para-Aramid Fibrils*. International Agency for Research on Cancer, World Health Organization, Lyon. Vol. 68, 1997
20. ACGIH. *Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices.*, American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Cincinnati, OH., 2009
21. Gouvernement du Québec. *Règlement sur la santé et la sécurité du travail*. c.S-2.1, r. 19.01, Éditeur officiel du Québec. 2008
22. Straif, K., L. Benbrahim-Tallaa, R. Baan, Y. Grosse, B. Secretan, F. El Ghissassi, V. Bouvard, N. Guha, C. Freeman, L. Galichet et V. Coglianò. «A review of human carcinogens-Part C: metals, arsenic, dusts, and fibres». *The Lancet Oncology*, vol. 10, n° 5, 2009, p. 453-454
23. OSHA. *Silica, Crystalline - Possible Solutions*. Occupational Safety and Health Administration/Department of Labor, Washington DC, 2006. Page Web consultée le 2009-02-24. <http://www.osha.gov/SLTC/silicacrystalline/solutions.html>

24. OSHA. *Controlling Silica Exposures in Construction*, Occupational Safety and Health Administration/Department of Labor, Washington DC, OSHA 3362-04, 2009
25. Peters, C., P. Demers, A.-M. Nicol, Y. Chow, B. Lang, A. Hall, K. Poplawski et C. Ge. *Carex Canada Workplace Exposure Surveillance Report - Occupational exposure to selected priority carcinogens in Québec*. Carex Canada, School of Environmental Health, University of British Columbia, Vancouver, BC. 2010
26. CSST. *Répartition des décès inscrits et acceptés en relation avec la silice selon le secteur d'activité économique et l'année d'inscription du décès (1995-2009)*, CSST, Direction de la comptabilité et de la gestion de l'information, Service de la statistique, Rapport G.R. (D05-538-B), Québec, 2010
27. CSST. *Répartition des maladies professionnelles pour les sièges "Bronche ou poumon, plèvre, appareil respiratoire" acceptées survenues de 1995 à 2007 pour le secteur "Batiment et travaux publics". Données observées avec 2 ans de maturité*, CSST, Direction de la comptabilité et de la gestion de l'information, Service de la statistique, Rapport (D07-409A), Québec, 2010
28. Vincent, R, B. Jeandel. «COLCHIC - Occupational Exposure to Chemical Agents Database: Current Content and Development Perspectives». *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, vol. 16, n° 2, 2001, p. 115-121
29. Burns, D. K., P. L. Beaumont. «The HSE National Exposure Database - (NEDB)». *Annals of Occupational Hygiene*, vol. 33, n° 1, 1989, p. 1-14
30. Rajan B., Alesbury R., Carton B., Gérin M., Litske H., Marquart H., Olsen E., Scheffers T., Stamm R. et Woldbaek T. «**European Proposal for Core Information For the Storage and Exchange of Workplace Exposure Measurements on Chemical Agents**». *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, vol. 12, n° 1, 1997, p. 31-39
31. Lavoué, J., D. Bégin, C. Beaudry et M. Gérin. «**Monte Carlo Simulation to Reconstruct Formaldehyde Exposure Levels from Summary Parameters Reported in the Literature**». *Annals of Occupational Hygiene*, vol. 51, n° 2, 2007, p. 161-172
32. Joint ACGIH-AIHA, Task Group on Occupational Exposure Databases. «**Data Elements for Occupational Exposure Databases: Guidelines and Recommendations for Airborne Hazards and Noise**». *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, vol. 11, n° 11, 1996, p. 1294-1311
33. InVS. *Banque de données d'une matrice en cours de réalisation : matrice emplois-expositions aux poussières alvéolaires de silice cristalline libre*, Institut de veille sanitaire, Département santé travail, Saint-Maurice. 2008
34. Gillen, M. et A. Echt. National Institute for Occupational Safety and Health, Washington DC et Cincinnati OH. *Communication personnelle*, 2009

35. Gouvernement du Québec. *Règlement sur la formation professionnelle de la main-d'œuvre de l'industrie de la construction*. c.R-20, r.6.2, Éditeur officiel du Québec, Québec, 1997
36. CCQ. *Convention collective 2007-2010 de la construction au Québec - Secteur Génie civil et voirie*. Commission de la Construction du Québec, Montréal, 2010
37. CCQ. *Convention collective 2007-2010 de la construction au Québec - Secteur Institutionnel et commercial*. Commission de la Construction du Québec, Montréal, 2010
38. CCQ. *Convention collective 2007-2010 de la construction au Québec - Secteur Résidentiel*. Commission de la Construction du Québec, Montréal, 2010
39. CCQ. *Convention collective 2007-2010 de la construction au Québec - Secteur Industriel*. Commission de la Construction du Québec, Montréal, 2010
40. Hornung, R., LD. Reed. «**Estimation of average concentration in the presence of nondetectable values**». *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, vol. 5, n° 1, 1990, p. 46-51
41. Insightful. *S-Plus® 8.0 for Windows*. Seattle, WA, Insightful Corp., 2007
42. Bagschik, U., M. Böckler, W. Chromy, D. Dahmann, S. Gabriel, H. Gese, K. Guldner, D. Fendler, K. Kolmsee, P. Kredel, J. Kraus, M. Mattenklott, A. Möller, J. Münch, G. Sonnenschein, O. Steinig, A. Tigler et R. Van Gelder. *BGIA - Report 8/2006e : Exposure to quartz at the workplace*. Berlin, German Social Accident Insurance (DGUV), 2008
43. ERG. *Draft Final Report: Technological Feasibility Study And Cost And Impact Analysis Of The Draft Crystalline Silica Standard For Construction*, Task Order No. 3 - Contract No. GS-10F-0036K / Task Order No. 50 Contract No. J-9-F-9-0010. Washington, DC, Occupational Safety and Health Administration / Department of Labor, 2003
44. Flanagan, M. E. *Banque de données créée pour l'"ACGIH Construction Committee Silica Data Compilation Project"*. Communication personnelle, Seattle, Washington, 2009
45. InVS. *Éléments techniques sur l'exposition professionnelle aux poussières alvéolaires de silice cristalline libre - Présentation d'une matrice emplois-expositions aux poussières alvéolaires de silice cristalline libre*, Institut de veille sanitaire, Département santé travail, Saint-Maurice. Site Web consulté le 2010-04-26. <http://www.invs.sante.fr/surveillance/matgene/default.htm>
46. Echt, A., K. Sieber, A. Jones et E. Jones. «**Control of Silica Exposure in Construction : Scabbling Concrete**». *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, vol. 17, n° 2, 2002, p. 809-813

47. Linch, K. D. «**Respirable Concrete Dust - Silicosis Hazard in the Construction Industry**». *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, vol. 17, n° 3, 2002, p. 209-221
48. HSE. *CN - COSHH essentials in construction: Silica*. Health and Safety Executive, Bootle UK. Page Web consultée le 2008-03-17. <http://www.hse.gov.uk/pubns/guidance/cnseries.htm>
49. WorkSafeBC. *Silica dust—**are you at risk?*** Tool Box Meeting Guide TG07-41, Workers' Compensation Board of British Columbia, Richmond, BC. 2009
50. WorkSafeBC. *Silica dust control during wall and ceiling grinding*. Tool Box Meeting Guide TG07-43, Workers' Compensation Board of British Columbia, Richmond, BC. 2009
51. OSHA. *OSHA - Silica eTool*. Occupational Safety and Health Administration/Department of Labor, Washington DC. 2009. Page Web consultée le 2009-01-14. <http://www.osha.gov/SLTC/etools/silica>
52. ARBOUW. *Control of dust exposure in the finishing stages in the construction industry*. ARBOUW Foundation, Harderwijk, The Netherlands. 2002
53. Commission for Occupational Safety and Health. *Code of practice: Concrete and masonry cutting and drilling*. Commission for Occupational Safety and Health, West Perth, Australia. 2004
54. IAPA. *Silica in the workplace*. Industrial Accident Prevention Association, Mississauga, ON. 2008
55. CSST. *Connaissez-vous la silice cristalline?* Commission de la santé et de la sécurité du travail, Montréal. 2007. Page Web consultée le 2010-05-10. http://www.csst.qc.ca/publications/100/DC_100_450_1.htm
56. Gouvernement de l'Ontario. *Directives concernant l'exposition à la silice sur les chantiers de construction*. Ministère du travail, Toronto ON. 2004
57. ASTM. *ASTM E2625 - 09 Standard Practice for Controlling Occupational Exposure to Respirable Crystalline Silica for Construction and Demolition Activities*. American Standard For Testing and Materials, West Conshohocken PA. 2009. Page Web consultée le 2010-07-02. <http://www.astm.org/Standards/E2625.htm>
58. IRSST. *Guide d'échantillonnage des contaminants de l'air en milieu de travail*. Guide technique T-06, 8e édition, Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail, Montréal, 2005
59. Lara, J. et M. Vennes. *Guide pratique de protection respiratoire*. Commission de la santé et de la sécurité du travail, Montréal, 2003. Page Web consultée le 2010-05-10. http://www.prot.resp.csst.qc.ca/GPR_0_matiere.shtml

60. Heitbrink, W. A. et D. S. Watkins. *In-Depth Study Report: Control Technology for Crystalline Silica Exposures in Construction: The Effect of Exhaust Flow Rate Upon the Respirable Dust Emissions for Tuck Pointing Operations and a Preliminary Evaluation of a Ventilated Tool for Brick Cutting at International Masonry Institute, Cascade, Maryland*, Govt Reports Announcements & Index (GRA&I), Issue 16, 2001
61. NIOSH. *Engineering Controls for Silica in Construction - Concrete Grinder*. National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati OH. 2010. Page Web consultée le 2010-04-22. <http://www.cdc.gov/niosh/topics/silica/grinders.html>
62. Echt, A. et S. Shulman. *In-depth survey report of control of respirable dust and crystalline silica from grinding concrete at Messer Construction, Newport, Kentucky and Baker Concrete Construction, Dayton, Ohio*, EPHB 247-21, National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, OH, 2002
63. Croteau, G. A., S. E. Guffey, M. E. Flanagan et N. S. Seixas. «**The Effect of Local Exhaust Ventilation Controls on Dust Exposures During Concrete Cutting and Grinding Activities**». *American Industrial Hygiene Association Journal*, vol. 63, n° 4, 2002, p. 458-467
64. Gérin, M. et D. Bégin. *Substitution*. In: *Manuel d'hygiène du travail - Du diagnostic à la maîtrise des facteurs de risque*, Modulo-Griffon, Mont-Royal, QC, 2004
65. Ministère d'État chargé des affaires sociales. *Décret n° 69-558 du 6 juin 1969 portant règlement d'administration publique en ce qui concerne les mesures particulières de protection des travailleurs applicables aux travaux de décapage, de dépolissage ou de dessablage au jet.*, Journal officiel de la République Française : 5805-5806, 1969
66. Patton, T. C. Ed. *Pigment Handbook - Volume I : Properties and Economics*, John Wiley & Sons, New York, NY, 1973
67. Mitani, H. et A. Abu-Tair (2009). *Partial Replacement of Silica Sand by Crushed Limestone*. In: *11th International Conference on Non-conventional Materials and Technologies*, Bath, UK, 6th - 9th September 2009, pp. 1-8. P. Walker; K. Ghavami; K. Paine; A. Heath; M. Lawrence and E. Fodde, Eds. University of Bath, Bath, UK
68. Fournier, C. *Le décapage au jet d'abrasif*. Commission de la santé et de la sécurité du travail du Québec, DC 200-16191(96-09), Québec. 1996
69. Organiscak, J. A. *Recirculation Filter Is Key to Improving Dust Control in Enclosed Cabs*, Pittsburgh, PA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication No. 2008-100. Technology News 528, 2007
70. Ebadian, M. A., J. F. Boudreaux, S. K. Dua et P. T. Williams. *Technology assessment of dust suppression techniques applied during structural demolition.*, Topical Report Work performed under U.S. Department of Energy Contract No.: DE-FG21-95EW55094:

- by Florida International University, Hemispheric Center for Environmental Technology (HCET), Center for engineering & applied Sciences, Miami, FL, 69 pp. 1996
71. DOE. ***Innovate Technology Summary Report: Concrete Dust suppression system.*** DOE/EM-0411, US. Department of Energy, Office of Environmental Management, Office of Science and Technology, Washington DC. 1998
 72. Hall, R. M., W. A. Heitbrink et JD. McGlothlin. ***In-Depth Survey Report: Control Technology for Agricultural Environmental Enclosures at Nelson Manufacturing.*** Report ECTB 223-11b, National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Physical Sciences and Engineering, Engineering Control Technology Branch, Cincinnati OH. 1997
 73. Hall, R. M. et W. A. Heitbrink. ***In-Depth Survey Report: Control Technology for Agricultural Environmental Enclosures at John Deere Manufacturing Co., Inc., Waterloo, Iowa.*** Report 223-13a, National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Physical Sciences and Engineering, Engineering Control Technology Branch, Cincinnati OH. 1997
 74. Heitbrink, W. A. et E. Moyer. ***In-Depth Survey Report: Control Technology for Environmental Enclosures: An Evaluation of In-Use Enclosures at San Joaquin Helicopter Company, Delano, California, September 20-22 and October 26-28,*** National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, OH, 2000
 75. NIOSH. ***Engineering Controls for Silica in Construction - Cut-off Saws.*** National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati OH. 2010. Page Web consultée le 2010-04-22. <http://www.cdc.gov/niosh/topics/silica/cutOffSaws.html>
 76. NIOSH. ***Engineering Controls for Silica in Construction - Jackhammer.*** National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati OH. 2010. Page Web consultée le 2010-04-22. <http://www.cdc.gov/niosh/topics/silica/jackhammer.html>
 77. NIOSH. ***Engineering Controls for Silica in Construction - Tuckpointing.*** National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati OH. 2010. Page Web consultée le 2010-04-22. <http://www.cdc.gov/niosh/topics/silica/tuckpointing.html>
 78. CPWR. ***Construction solutions.*** The Center for Construction Research and Training, Silver Spring MD. 2009. Page Web consultée le 2010-04-12. <http://www.cpwrconstructionsolutions.org>
 79. Skaggs, B. J., L. W. Ortiz, D. J. Burton, B. L. Isom et E. A. Vigil. ***Evaluation of dust-related health hazards associated with air coring at G-Tunnel, Nevada Test Site.,*** LA-11594-MS, DE91 008161, Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, NM, 1991
 80. Hofner, K. ***How to Make Your Very Own Jackhammer Spray Dust Control.*** NJ Laborers' Health and Safety Fund, Monroe Township NJ. 2007

81. Shepherd, S., S. R. Woskie, C. Holcroft et M. Ellenbecker. «**Reducing silica and dust exposures in construction during use of powered concrete-cutting hand tools: efficacy of local exhaust ventilation on hammer drills**». *Journal of Occupational & Environmental Hygiene*, vol. 6, n° 1, 2009, p. 42-51
82. Heitbrink, W. A., J. Santalla-Elias. «**The effect of debris accumulation on and filter resistance to airflow for four commercially available vacuum cleaners**». *Journal of Occupational & Environmental Hygiene*, vol. 6, n° 6, 2009, p. 374-384
83. Hodges, M. H. *Silica Manager for the Construction Industry*. Occupational Safety & Health Program. Georgia Tech Research Institute, Atlanta Ga. 2007. Page Web consultée le 2010-07-02. <http://www.oshainfo.gatech.edu/silica-matrix.pdf>
84. NIOSH. *Control of Hazardous Dust During Tuckpointing*. DHHS (NIOSH) Publication No. 2008-126. National Institute of Occupational Safety and Health, Cincinnati OH. 2008
85. Nash, N. T., D. R. Williams. «**Occupational Exposure to Crystalline Silica During Tuck-Pointing and the Use of Engineering Controls**». *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, vol. 15, n° 1, 2000, p. 8-10
86. Yasui, S., P. Susi, M. McClean et M. Flynn. «**Assessment of Silica Exposure and Engineering Controls During Tuckpointing**». *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, vol. 18, n° 12, 2003, p. 977-984
87. Meeker, J. D., M. R. Cooper, D. Lefkowitz et P. Susi. «**Engineering Control Technologies to Reduce Occupational Silica Exposures in Masonry Cutting and Tuckpointing**». *Public Health Reports*, vol. 124, n° Supplement 1, 2009, p. 101-111
88. Young-Corbett, D. E., M. A. Nussbaum. «**Dust Control Effectiveness of Drywall Sanding Tools**». *Journal of Occupational & Environmental Hygiene*, vol. 6, n° 7, 2009, p. 385-389
89. Echt, A., K. Sieber, D. Lefkowitz, D. Susi P. Meeker J., Cardwell B. et Heitbrink WA. *In-depth survey of dust control technology for cutting concrete block and tuckpointing brick at the Internantional Masonry Institute Bordentown Training Center, Bordentown, NJ*, EPHB 282-13, National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Applied research and Technology, engineering and Physical Hazards Branch, Cincinnati OH, 2007
90. Croteau, G. A., M. E. Flanagan, J. Camp et N. S. Seixas. «**The Efficacy of Local Exhaust Ventilation for Controlling Dust Exposures During Concrete Surface Grinding**». *Annals of Occupational Hygiene*, vol. 48, n° 6, 2004, p. 509-518
91. Akbar-Khanzadeh, F., S. Milz, A. Ames, P. Susi, M. Bisesi, S. A. Khuder et M. Akbar-Khanzadeh. «**Crystalline Silica Dust and Respirable Particulate Matter During Indoor Concrete Grinding - Wet Grinding and Ventilated Grinding Compared with Uncontrolled Conventional Grinding**». *Journal of Occupational & Environmental Hygiene*, vol. 4, n° 10, 2007, p. 770-779

92. Echt, A., K. Sieber, E. Jones, D. Schill, D. Lefkowitz, J. Sugar et K. Hoffner. «**Control of Respirable Dust and Crystalline Silica from Breaking Concrete with a Jackhammer**». *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, vol. 18, n° 7, 2003, p. 491-495
93. Echt, A., K. Sieber, D. Williams, A. Cantrell, D. P. Schill, D. Lefkowitz, J. Sugar et K. Hoffner. *In-depth survey report of a water spray device for suppressing respirable and crystalline silica dust from jackhammers at E. E. Cruz Company South Plainfield, NJ*, EPHB 282-11c-2, National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati OH, 2004
94. Brouwer, D. H., T. Spee, R. F. Huijbers, M. W. M. Lurvink et A. C. P. Frijters. «**Effectiveness of dust control by atomisation of water sprays on handheld demolition and soil compacting equipment**». *Tijdschrift voor toegepaste arbowetenschap*, No. 4: 2004, p. 68-74
95. Almaguer, D., S. Schulman et A. Echt. *Control technology for ready-mix truck drum cleaning*, EPHB 247-19, National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Applied Research and Technology, Engineering and Physical Hazards Branch, Cincinnati OH, 2003
96. Mead, KR., TJ. Fishbach et RJ. Kovein. *In-Depth Survey Report: A Laboratory Comparison of Conventional Drywall Sanding Techniques Versus Commercially Available Controls at the Seattle-Area Apprenticeship Training Facility, the International Brotherhood of Painters and Allied Trades, Seattle, Washington*, National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati OH, 1995
97. Echt, A., A. Garcia, S. Shulman, J. Colinet, A. Cecala, R. Carlo et J. Zimmer. *In-depth survey of dust control technology for asphalt milling at Northeast Asphalt, Inc., US Route 22 and SR 64 Projects, Wisconsin*, EPHB 282-12a., National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Applied Research and Technology, Engineering and Physical Hazards Branch, Cincinnati OH, 2007
98. Echt, A., S. Shulman, J. Colinet et G. Goodman. *Results of a pilot study of dust control technology for asphalt milling at Payne and Dolan, Inc. US Route 12, Project, Wisconsin*, EPHB 282-11b, National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Applied Research and Technology, Engineering and Physical Hazards Branch, Cincinnati OH, 2004
99. ARBOUW. *Exposure to quartz during milling activities in the asphalt road construction*. ARBOUW Foundations, Harderwijk, the Netherlands. 2000
100. Echt, A., K. R. Mead, D. R. Farwick et H. A. Feng. *In-depth survey: preliminary evaluation of dust emissions control technology for dowel-pin drilling at Minnich Manufacturing, Mansfield, OH*, EPHB 334-11a, National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Applied Research and Technology, Engineering and Physical Hazards Branch, Cincinnati OH, 2008

101. Watts, W. F., D. R. Parker. «**Quartz exposure trends in metal and nonmetal mining.**». *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, vol. 10, n^o 12, 1995, p. 1009-1018
102. Gouvernement du Québec. *Code de sécurité pour les travaux de construction*. c.S-2.1, r.19.01, Éditeur officiel du Québec, Québec. 2008

ANNEXES

ANNEXE 1. LISTE DES 116 SOURCES DE LA BANQUE DE DONNÉES

- Achutan, C.; Eisenberg, J.; Sollberger, R.; Mueller, C. (2008) **NIOSH Health Hazard Evaluation Report: C & C Roofing Phoenix, Arizona**. Report HETA #2005-0031-3055, National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati OH
- Akbar-Khanzadeh, F.; Milz, S.; Ames, A.; Susi, P.; Bisesi, M.; Khuder, S. A.; Akbar-Khanzadeh, M. (2007) **Crystalline Silica Dust and Respirable Particulate Matter During Indoor Concrete Grinding - Wet Grinding and Ventilated Grinding Compared with Uncontrolled Conventional Grinding**. Journal of Occupational & Environmental Hygiene 4(10):770-779
- Akbar-Khanzadeh, F.; Brillhart, R. L. (2002) **Respirable Crystalline Silica Dust Exposure During Concrete Finishing (Grinding) Using Hand-held Grinders in the Construction Industry**. Annals of Occupational Hygiene 46(3):341-346
- Almaguer, D.; Schulman, S.; Echt, A. (2001) **Control technology for ready-mix truck drum cleaning**. Report EPHB 247-19, National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Applied Research and Technology, Engineering and Physical Hazards Branch, Cincinnati OH
- ARBOUW (2002) **Exposure to Quartz and PAH During Milling Activities : The Influence of Control Measures**. ARBOUW Foundation, Harderwijk, The Netherlands
- ARBOUW (2000) **Exposure to quartz during milling activities in the asphalt road construction**. ARBOUW Foundation, Harderwijk, The Netherlands
- Bakke, B.; Stewart, P.; Eduard, W. (2002) **Determinants of Dust Exposure in Tunnel Construction Work**. Applied Occupational and Environmental Hygiene 17(11):783-796
- Beauvais, D. (2008-03-06) **Bilan des études environnementales sur la silice cristalline réalisées de 2004 à 2008 dans le secteur de la construction**. CSSS Jeanne-Mance, Montréal (document obtenu de Claudette Tremblay, hygiéniste du travail)
- Bianco, MA; Gugeran, E; Landry, JC (1992) **Exposition aux poussières de quartz chez les tailleurs de pierre**. Archives des maladies professionnelles de médecine du travail et de sécurité sociale 53(1):225-226
- Box, M.; Gressel, M. G.; Echt, A.; Almaguer, D.; Gunderson, L. (1999) **Control technology and exposure assessment for occupational exposure to crystalline silica: Case 20 - Road demolition and construction**. Report ECTB 233-120c, National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati OH
- Brouwer, D. H.; Spee, T.; Huijbers, R. F.; Lurvink, M. W. M.; Frijters, A. C. P. (2004) **Effectiveness of dust control by atomisation of water sprays on handheld demolition and soil compacting equipment**. Tijdschrift voor toegepaste arbowetenschap No 4:68-74

- Chisholm, J. (1999) **Respirable Dust and Respirable Silica Concentrations from Construction Activities**. Indoor and Built Environment. 8(2):94-106
- Cornwell, R. J. (1987) **NIOSH Health Hazard Evaluation Report: Jeddo Highland Coal Co., West Pittston, Pennsylvania**. Report HETA 87-173-1882, National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati OH
- Cornwell, R. J.; Filios, M. S.; Piacitelli, C. (1993) **NIOSH Health Hazard Evaluation Report: Norfolk Southern Railway company**. Report HETA 90-341-2288, National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati OH
- Croteau, G. A.; Guffey, S. E.; Flanagan, M. E.; Seixas, N. S. (2002) **The Effect of Local Exhaust Ventilation Controls on Dust Exposures During Concrete Cutting and Grinding Activities**. American Industrial Hygiene Association Journal 63(4):458-467
- Croteau, G. A.; Flanagan, M. E.; Camp, J.; Seixas, N. S. (2004) **The Efficacy of Local Exhaust Ventilation for Controlling Dust Exposures During Concrete Surface Grinding**. Annals of Occupational Hygiene 48(6):509-518
- Daalen, A. L. L. van (2002) **Measurements of respirable quartz exposure with the modified K2100 asphalt milling machine**. TNO Report 2002-GGI-R003, TNO Bouw, Delft, The Netherlands
- Easterbrook, A.; Brough, P. (2009) **Silica baseline survey - Annex 2 Construction sector**. Report RR689, Health and Safety Laboratory, Health and Safety Executive, Sudbury, Suffolk, UK
- Echt, A.; Sieber, K.; Jones, E.; Schill, D.; Lefkowitz, D.; Sugar, J.; Hoffner, K. (2003) **Control of Respirable Dust and Crystalline Silica from Breaking Concrete with a Jackhammer**. Applied Occupational and Environmental Hygiene 18(7):491-495
- Echt, A.; Sieber, W. K. (2002) **Control of Silica Exposure from Hand Tools in Construction : Grinding Concrete** . Applied Occupational and Environmental Hygiene 17(7):457-461
- Echt, A.; Sieber, K.; Jones, A.; Jones, E. (2002) **Control of Silica Exposure in Construction : Scabbling Concrete**. Applied Occupational and Environmental Hygiene 17(2):809-813
- Echt, A.; Garcia, A.; Shulman, S.; Colinet, J.; Cecala, A.; Carlo, R.; Zimmer, J. (2007) **In-depth survey of dust control technology for asphalt milling at Northeast Asphalt, Inc., US Route 22 and SR 64 Projects, Wisconsin**. Report EPHB 282-12a, National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Applied Research and Technology, Engineering and Physical Hazards Branch, Cincinnati OH
- Echt, A.; Sieber, K.; Lefkowitz, D.; Meeker J., D. Susi P.; Cardwell B.; Heitbrink WA (2007) **In-depth survey of dust control technology for cutting concrete block and tuckpointing brick at the International Masonry Institute Bordentown Training**

- Center, Bordentown, NJ** . Report EPHB 282-13, National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Applied Research and Technology, Engineering and Physical Hazards Branch, Cincinnati OH
- Echt, A.; Sieber, K.; Williams, D.; Cantrell, A.; Schill, D. P.; Lefkowitz, D.; Sugar, J.; Hoffner, K. (2004) **In-depth survey report of a water spray device for suppressing respirable and crystalline silica dust from jackhammers at E. E. Cruz Company, South Plainfield, NJ**. Report EPHB 282-11c-2, National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Applied Research and Technology, Engineering and Physical Hazards Branch, Cincinnati OH
- Echt, A.; Shulman, S. (2002) **In-depth survey report of control of respirable dust and crystalline silica from grinding concrete at Messer Construction , Newport, Kentucky and Baker Concrete Construction, Dayton, Ohio**. Report EPHB 247-21, National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Applied Research and Technology, Engineering and Physical Hazards Branch, Cincinnati OH
- Echt, A. (2002) **In-depth survey report of exposure to silica from demolition of plaster ceilings at Frank Messer and Sons Construction Company, Columbus, Ohio**. Report EPHB 247-15b, National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Applied Research and Technology, Engineering and Physical Hazards Branch, Cincinnati OH
- Echt, A. (2001) **In-depth survey report of four sites: Exposure to silica from hand tools in construction chipping, grinding, and hand demolition at Frank Messer and Sons Construction Company, Lexington and Newport, Kentucky, Columbus and Springfield, Ohio**. Report EPHB 247-15a, National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Applied Research and Technology, Engineering and Physical Hazards Branch, Cincinnati OH
- Echt, A.; Mead, K. R.; Farwick, D. R; Feng, H. A. (2008) **In-depth survey: preliminary evaluation of dust emissions control technology for dowel-pin drilling at Minnich Manufacturing, Mansfield, OH**. Report EPHB 334-11a, National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Applied Research and Technology, Engineering and Physical Hazards Branch, Cincinnati OH
- Echt, A.; Shulman, S.; Colinet, J.; Goodman, G. (2004) **Results of a pilot study of dust control technology for asphalt milling at Payne and Dolan, Inc. US Route 12, Project, Wisconsin**. Report EPHB 282-11b, National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Applied Research and Technology, Engineering and Physical Hazards Branch, Cincinnati OH
- Flanagan, M. E. (2009) **Banque de données créée pour l'"ACGIH Construction Committe Silica Data Compilation Project"**. Communication personnelle, 2009-09-02, Seattle, WA

- Flanagan, M. E. (1998) **Green River Bridge Project Silica Exposure Assessment**. Report FRCG 98-10, University of Washington Field Research and Consultation Group, Seattle, WA
- Flanagan, M. E.; Loewenherz, C.; Kuhn, G. (2001) **Indoor Wet Concrete Cutting and Coring Exposure Evaluation**. Applied Occupational and Environmental Hygiene 16(12):1097-1100
- Flanagan, M. E. (1997) **Masonry saw ventilation evaluation for jobsite concrete cutting**. University of Washington Field Research and Consultation Group, Seattle, WA
- Flanagan, M. E.; Seixas, N.; Majar, M.; Camp, J.; Morgan, M. (2003) **Silica Dust Exposures During Selected Construction Activities**. American Industrial Hygiene Association Journal 64(3):319-328
- Forest, J.; Tremblay, C. (2007) **Bilan de l'étude environnementale de l'exposition au quartz chez certains travailleurs du secteur BTP**. Direction de santé publique, Agence de la santé et des services sociaux de Montréal, Montréal.
- Garcia, A.; Jones, E.; Echt, A.; Hall, R. (2006) **In-depth survey report of a local exhaust ventilation device for suppressing respirable and crystalline silica dust from powered saws**. Report EPHB 317-12a, National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Applied Research and Technology, Engineering and Physical Hazards Branch, Cincinnati OH
- Godby, M. (1995) **Industrial Hygiene Survey of Respirable Crystalline Silica Dust Exposure in the Ready-Mixed Concrete Industry**. NTIS No. PB2004-101466, National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Respiratory Disease Study, Environmental Investigation Branch, Morgantown WV
- Greenspan, C. A.; Moure-Eraso, R.; Wegman, D. H.; Oliver, L. C. (1995) **Occupational Hygiene Characterization of a Highway Construction Project: A Pilot Study**. Applied Occupational and Environmental Hygiene 10(1):50-58
- Gressel, M. G.; Echt, A.; Almaguer, D.; Gunderson, L. (1999) **Control technology and exposure assessment for occupational exposure to crystalline silica: Case 04 - A concrete finishing operation**. Report ECTB 233-104c, National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Physical Sciences and Engineering, Engineering Control Technology Branch, Cincinnati OH
- Gressel, M. G.; Echt, A.; Almaguer, D.; Gunderson, L. (1999) **Control technology and exposure assessment for occupational exposure to crystalline silica: Case 05 - Parking garage construction**. Report ECTB 233-105c, National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Physical Sciences and Engineering, Engineering Control Technology Branch, Cincinnati OH
- Gressel, M. G.; Echt, A.; Almaguer, D.; Gunderson, L. (1999) **Control technology and exposure assessment for occupational exposure to crystalline silica: Case 11 - Chip-**

- hammer demolition.** Report ECTB 233-111c, National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Physical Sciences and Engineering, Engineering Control Technology Branch, Cincinnati OH
- Gressel, M. G.; Echt, A.; Almaguer, D.; Cleary, J. N.; Gunderson, L. (1999) **Control technology and exposure assessment for occupational exposure to crystalline silica: Case 15 - Concrete cutting.** Report ECTB 233-115c, National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Physical Sciences and Engineering, Engineering Control Technology Branch, Cincinnati OH
- Gressel, M. G.; Echt, A.; Almaguer, D.; Cleary, J. N.; Gunderson, L. (1999) **Control technology and exposure assessment for occupational exposure to crystalline silica: Case 16 - Wet cutting of concrete masonry units.** Report ECTB 233-116c, National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Physical Sciences and Engineering, Engineering Control Technology Branch, Cincinnati OH
- Gressel, M. G.; Echt, A.; Almaguer, D.; Cleary, J. N.; Gunderson, L. (1999) **Control technology and exposure assessment for occupational exposure to crystalline silica: Case 17 - Dry cutting of concrete masonry units.** Report ECTB 233-117c, National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Physical Sciences and Engineering, Engineering Control Technology Branch, Cincinnati OH
- Gressel, M. G.; Echt, A.; Almaguer, D.; Cleary, J. N.; Gunderson, L. (1999) **Control technology and exposure assessment for occupational exposure to crystalline silica: Case 18 - Cutting brick and concrete masonry units.** Report ECTB 233-118c, National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Physical Sciences and Engineering, Engineering Control Technology Branch, Cincinnati OH
- Gressel, M. G.; Echt, A.; Almaguer, D.; Gunderson, L. (1999) **Control technology and exposure assessment for occupational exposure to crystalline silica: Case 21 - Non-residential construction.** Report ECTB 233-121c, National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Physical Sciences and Engineering, Engineering Control Technology Branch, Cincinnati OH
- Gressel, M. G.; Echt, A.; Almaguer, D.; Gunderson, L. (1999) **Control technology and exposure assessment for occupational exposure to crystalline silica: Case 22 - Rock drilling.** Report ECTB 233-122c, National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Physical Sciences and Engineering, Engineering Control Technology Branch, Cincinnati OH
- Gressel, M. G.; Echt, A.; Almaguer, D.; Gunderson, L. (1999) **Control technology and exposure assessment for occupational exposure to crystalline silica: Case 23 - Masonry tuck-pointing.** Report ECTB 233-123c, National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Physical Sciences and Engineering, Engineering Control Technology Branch, Cincinnati OH

- Gressel, M. G.; Echt, A.; Almaguer, D. (2000) **Control technology and exposure assessment for occupational exposure to crystalline silica: Case 29 - Guniting spraying.** Report ECTB 233-129c, National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Physical Sciences and Engineering, Engineering Control Technology Branch, Cincinnati OH
- Gressel, M. G.; Echt, A.; Almaguer, D.; Box, M. (2000) **Control technology and exposure assessment for occupational exposure to crystalline silica: Case19 - Tunnel boring.** Report ECTB 233-119c, National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Physical Sciences and Engineering, Engineering Control Technology Branch, Cincinnati OH
- Hall, R. M.; Eisenberg, J.; Dowell, C.; McCleery, R.; Mueller, C. (2008) **NIOSH Health Hazard Evaluation Report: Headlee Roofing Mesa, Arizona.** Report HETA 2005-0030-2968, National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati OH
- Hall, R. M.; Eisenberg, J.; Tubbs, R.; Sollberger, R.; Mueller, C. (2008) **NIOSH Health Hazard Evaluation Report: Petersen-Dean Roofing Systems Phoenix, Arizona.** Report HETA 2005-0032-2985, National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati OH
- Heitbrink, W. A.; Collingwood, S. (2005-11-15) **Control Measures for Silica Exposures for Tuckpointing.** Department of Occupational and Environmental Health, College of Public Health, The University of Iowa, Iowa City IA
- Heitbrink, W. A.; Bennett, J. S. (2000) **In-depth study report: Control technology for crystalline silica exposures in construction: exposures and preliminary control evaluation at a Restoration Preservation Masonry construction site.** Report EPHB 247-14, National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Applied Research and Technology, Engineering and Physical Hazards Branch, Cincinnati OH
- Heitbrink, W. A.; Rogers, A.; Watkins, D.; Echt, A. (2001) **In-depth study report: control technology for crystalline silica exposures in construction: field evaluation of control measures for tuck-pointing, The Farell Building, Huntington, West Virginia.** Report EPHB NO 247-20, National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Applied Research and Technology, Engineering and Physical Hazards Branch, Cincinnati OH
- Heitbrink, W. A. (2000) **In-depth survey report: Control technology for crystalline silica exposures in construction: exposures and preliminary control evaluation at Various Sites for Bricklayers Local #9, Pittsburgh, Pennsylvania.** Report ECTB 247-12, National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Physical Sciences and Engineering, Engineering Control Technology Branch, Cincinnati OH
- Héry, M.; Diebold, F.; Hecht, G.; Gerber, J. M.; Hubert, G. (1995) **Arrêt biennal d'un site de l'industrie chimique - Exposition aux produits chimiques des salariés d'entreprises extérieures.** Cahiers de notes documentaires 161(4^e trimestre):477-488

- Hilt, B.; Qvenild, T.; Holme, J.; Svendsen, K.; Ulvestad, B. (2002) **Increase in interleukin-6 and fibrinogen after exposure to dust in tunnel construction workers**. Occupational and Environmental Medicine 59(1):9-12
- InVS (2008) **Banque de données d'une matrice emplois-expositions aux poussières alvéolaires de silice cristalline libre**. Institut de veille sanitaire, Département santé travail, Saint-Maurice France
- Jennison, E.; Cocalis, J. (1995) **NIOSH Health Hazard Evaluation Report: Johnson Brothers Company, Pittsburgh, Pennsylvania**. Report HETA 93-1037-2541, National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati OH
- Kam, J. K. (1989) **Demolition Worker Hazard. The Effect of Short Term, Low Level Combined Exposures**. Journal of Environmental Health 52(3):162-163
- Koenig, A. R.; Axten, C. W. (1995) **Exposures to airborne fiber and free crystalline silica during installation of commercial and industrial mineral wool products**. American Industrial Hygiene Association Journal 56(10):1016-1022
- Lahiri, S.; Levenstein, C.; Nelson, DI.; Rosenberg, BJ. (2005) **The Cost Effectiveness of Occupational Health Interventions: Prevention of Silicosis**. American Journal of Industrial Medicine 48(6):503-514
- Lee, S. A. (2004) **NIOSH Health Hazard Evaluation Report: U.S. Department of Interior Denver, CO**. Report HETA 2003-0275-2926, National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati OH
- Linch, K. D. (1998) **Environmental Surveillance Report : Baker Concrete Construction, Monroe, Ohio**. National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Respiratory Disease Studies, Morgantown WV
- Linch, K. D. (1992) **Environmental Surveillance Report : Breckenridge Construction Drilling, Westover, West Virginia**. National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Respiratory Disease Studies, Morgantown WV
- Linch, K. D. (1993) **Environmental Surveillance Report : Charleston Construction, Incorporated, Concrete Sawing, Elkins, West Virginia**. National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Respiratory Disease Studies, Morgantown WV
- Linch, K. D. (1995) **Environmental Surveillance Report : Concrete Coring Inc., Concrete Sawing, Ohio**. National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Respiratory Disease Studies, Morgantown WV
- Linch, K. D. (1993) **Environmental Surveillance Report : Golden Triangle Construction, Concrete Drilling, Mount Morris, PA**. National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Respiratory Disease Studies, Morgantown WV

- Linch, K. D. (1992) **Environmental Surveillance Report : International Association of Machinists' Building**. National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Respiratory Disease Studies, Morgantown WV
- Linch, K. D. (1992) **Environmental Surveillance Report : J.F. Allen Company, Highway Construction Drilling, West Virginia Route 33**. National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Respiratory Disease Studies, Morgantown WV
- Linch, K. D. (1992) **Environmental Surveillance Report : Marietta Structures Corporation, Marietta OH**. National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Respiratory Disease Studies, Morgantown WV
- Linch, K. D. (1992) **Environmental Surveillance Report : QSI International, Construction Site, Porter Building, Pittsburgh, PA**. National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Respiratory Disease Studies, Morgantown WV
- Linch, K. D. (1995) **Environmental Surveillance Report : Swank Associated Companies, Inc., Asphalt Milling, PA**. National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Respiratory Disease Studies, Morgantown WV
- Linch, K. D. (1995) **Environmental Surveillance Report : The Shelly Company, Highway Dowel Drilling, OH**. National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Respiratory Disease Studies, Morgantown WV
- Linch, K. D. (1992) **Environmental Surveillance Report : West Virginia Dept of Highways Bridge Demolition, Route 6, Ohio County**. National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Respiratory Disease Studies, Morgantown WV
- Linch, K. D. (1992) **Environmental Surveillance Report : West Virginia Department of Highways Bridge Maintenance, Route 1, Ohio County**. National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Respiratory Disease Studies, Morgantown WV
- Linch, K. D. (2002) **Respirable Concrete Dust - Silicosis Hazard in the Construction Industry**. Applied Occupational and Environmental Hygiene 17(3):209-221
- Lipton, D. M.; Herring, R. L.; Parker, M. (1996) **Respirable Crystalline Silica Dust Exposure during Abrasive Blast Cleaning of Bridge Deck Surfaces**. Applied Occupational and Environmental Hygiene 11(2):81-83
- Lofgren DJ (1993) **Silica Exposure for Concrete Workers and Masons**. Applied Occupational and Environmental Hygiene 8(10):832-836
- Lofgren, D. J.; Johnson, D. C.; Walley, T. L. (2004) **Silica and Noise Exposure During Installation of Fibercement Siding**. Journal of Occupational & Environmental Hygiene 1(1):D1-D6

- Lumens, M. E. G. L.; Spee, T. (2001) **Determinants of Exposure to Respirable Quartz Dust in the Construction Industry**. *Annals of Occupational Hygiene* 45(7):585-595
- Mattorano, D. A. (1996) **NIOSH Health Hazard Evaluation Report: Bruce Mansfield power station, Shippingport, Pennsylvania**. Report HETA 94-0273-2556, National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati OH
- McKernan, J. L.; Piacitelli, G. M.; Roegner, K. C.; Delaney, L.; Boiano, J. M. (2002) **Occupational Exposures in Seismic Retrofitting Operations**. *Applied Occupational and Environmental Hygiene* 17(2):75-81
- Miller, A. K.; Esswein, E. J.; Allen, J. (1997) **NIOSH Health Hazard Evaluation Report: Center to Protect Workers' Rights, Washington, D.C.** Report HETA 94-0078-2660, National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati OH
- Nash, N. T.; Williams, D. R. (2000) **Occupational Exposure to Crystalline Silica During Tuck-Pointing and the Use of Engineering Controls**. *Applied Occupational and Environmental Hygiene* 15(1):8-10
- Nemhauser, J. B.; Ewers, L. (2005) **NIOSH Health Hazard Evaluation Report: U.S Department of Transportation, St. Lawrence Seaway Development Corporation, Massena, New York**. Report HETA 2002-0014-2958, National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati OH
- Ng, T. P.; Yeung, K. H.; O'Kelly, F. J. (1987) **Silica hazard of caisson construction in Hong Kong**. *Journal of the Society of Occupational Medicine* 37(2):62-65
- NIOSH (1996) **Alert: Request for assistance in... Preventing Silicosis and Deaths in Construction Workers**. DHHS (NIOSH) Publication No. 96-112, National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati OH
- Pannell, M. A.; Grogin, P. W. (2000) **Quantifying the exposure of heavy-equipment operators to respirable crystalline silica dust**. *Journal of Environmental Health* 63(Part 2):13-18
- Partanen, T.; Jaakhola, J.; Tossavainen, A. (1995) **Silica, silicosis and cancer in Finland**. *Scandinavian Journal of Work Environment & Health* 21(Suppl. 2):84-86
- Pilon, C (2003) **Évaluation des doses d'exposition à la silice chez les travailleurs du métro de Laval (Parc St-Claude)**. Direction de la santé publique, CLSC-CHSLD du Ruisseau-Papineau, Laval QC
- Rappaport, S. M.; Goldberg, M.; Susi, P.; Herrick, R. F. (2003) **Excessive Exposure to Silica in the US Construction Industry**. *Annals of Occupational Hygiene* 47(2):111-122
- Riala, R. (1988) **Dust and quartz exposure of Finnish construction site cleaners**. *Annals of Occupational Hygiene* 32(2):215-220

- Sheehy, J. W.; Garcia, A.; Echt, A. (2006) **In-depth survey report of a demonstration and evaluation of roofing tile saws and cutters controlling respirable and crystalline silica dust at Petersendean Roofing Systems, Newark, California.** Report EPHB 317-11a, National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Applied Research and Technology, Engineering and Physical Hazards Branch, Cincinnati OH
- Shepherd, S.; Woskie, S. R.; Holcroft, C.; Ellenbecker, M. (2009) **Reducing silica and dust exposures in construction during use of powered concrete-cutting hand tools: efficacy of local exhaust ventilation on hammer drills.** Journal of Occupational & Environmental Hygiene 6(1):42-51
- Shields, C (1999) **Massive respirable silica exposures in tuck pointing.** American Industrial Hygiene Conference and Exposition, Toronto, 5 – 11 June 1999, American Industrial Hygiene Association. Akron OH
- Shih, T. S.; Lu, P. Y.; Chen, C. H.; Soo, J. C.; Tsai, C. L.; Tsai, P. J. () **Exposure profiles and source identifications for workers exposed to crystalline silica during a municipal waste incinerator relining period.** Journal of Hazardous Materials 154(1-3):469-475
- Sollberger, R.; Eisenberg, J.; Tubbs, R.; Achutan, C.; McCleery, R.; Mueller, C. (2006) **NIOSH Health Hazard Evaluation Report: Diversified Roofing Inc. Phoenix, Arizona.** Report HETA 2003-0209-3015, National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati OH
- Strelec, F. (2008) **Control of silica exposures in cement mixer drum cleaning operations.** Journal of Occupational & Environmental Hygiene 5(12):D121-D123
- Susi, P.; Schneider, S. (1995) **Chemical Exposures on a New Construction Site.** Applied Occupational and Environmental Hygiene 10(2):100-103
- Szadkowska-Stanczyk, I.; Stroszejn-Mrowca, G.; Mikołajczyk, U.; Maciejewska, A. (2006) **Exposure to silica dust in the Polish construction industry.** Medycyna Pracy 57(5):405-413
- Thorpe, A.; Ritchie, A. S.; Gibson, M. J.; Brown, R. C. (1999) **Measurements of the Effectiveness of Dust Control on Cut-off saws Used in the Construction Industry.** Annals of Occupational Hygiene 43(7):443-456
- Tjoe Nij E; Hilhorst, S.; Spee, T.; Spierings, J.; Steffens, F.; Lumens, M.; Heederik, D. (2003) **Dust Control Measures in the Construction Industry.** Annals of Occupational Hygiene 47(3):211-218
- Tjoe Nij E; höhr, D; Borm, P.; Burstyn, I.; Spierings, J.; Steffens, F.; Lumens, M.; Spee, T.; Heederik, D. (2004) **Variability in Quartz Exposure in the Construction Industry: Implications for Assessing Exposure-Response Relations.** J.Occup.Environ.Hyg. 1(3):191-198

- Tjoe, Nij E.; Borm, P.; höhr, D; Heederik, D. (2002) **Pneumoconiosis and exposure to quartz-containing dust in the construction industry**. *Annals of Occupational Hygiene* 46(Suppl 1):71-75
- Ulvestad, B.; Lund, M. B.; Bakke, B.; Djupesland, P. G.; Kongerud, J.; Boe, J. (2001) **Gas and dust exposure in underground construction is associated with signs of airway inflammation**. *European Respiratory Journal* 17(3):416-421
- Valiante, D. J.; Schill, D. P.; Rosenman, K. D.; Socie, E. (2004) **Highway repair: a new silicosis threat**. *American Journal of Public Health* 94(5):876-880
- Verma, D. K.; Kurtz, L. A.; Sahai, D.; Finkelstein, M. M. (2003) **Current Chemical Exposures Among Ontario Construction Workers**. *Applied Occupational and Environmental Hygiene* 18(12):1031-1047
- Watts, W. F.; Parker, D. R. (1995) **Quartz exposure trends in metal and nonmetal mining**. *Applied Occupational and Environmental Hygiene* 10(12):1009-1018
- Woskie, S. R.; Kalil, A.; Bello, D.; Virji, M. A. (2002) **Exposures to Quartz, Diesel, Dust, and Welding Fumes During Heavy and Highway Construction**. *American Industrial Hygiene Association Journal* 63(4):447-457
- Yassin, A.; Yebesi, F.; Tingle, R (2005) **Occupational Exposure to Crystalline Silica Dust in the United States, 1988-2003**. *Environmental Health Perspectives* 113(3):255-260
- Yasui, S.; Susi, P.; McClean, M.; Flynn, M. (2003) **Assessment of Silica Exposure and Engineering Controls During Tuckpointing**. *Applied Occupational and Environmental Hygiene* 18(12):977-984
- Yereb, D; Hewett, P. (2001) **NIOSH Health Hazard Evaluation Report: Foeste Masonry, Cape Girardeau, Missouri**. Report HETA 2000-0226-2890, National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati OH
- Zalk, D. (2000) **Exposure assessment strategy for the reduction of airborne silica during jack hammering activities**. American Industrial Hygiene Conference and Exhibition, Orlando FL, 20 – 25 May 2000, American Industrial Hygiene Association, Akron OH
- Zimmer, A T. (1995) **In-depth survey report: control technology comparative evaluation of rock-drilling rigs at Trumont Quarry, Hopkinton, Massachusetts**. Report ECTB 210-11a, National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Physical Sciences and Engineering, Engineering Control Technology Branch, Cincinnati OH

ANNEXE 2. CHAMPS D'INFORMATION RECUEILLIS DANS CHAQUE SOURCE

La grille de saisie contient 76 champs d'information dont 26 paramètres potentiellement déterminants de l'exposition (d) :

- Codification de la source de données
 - Identification de la référence (Numéro identifiant la référence tel qu'il apparaît dans la base de données relationnelle)
 - Type de document
 - Cote de qualité de la description des déterminants
 - Cote de qualité de la métrologie
- Description des titres d'emploi, tâches, etc., tels que décrits dans le document
 - Année de l'évaluation (d)
 - Codification de la valeur d'exposition au sein du document
 - Titre d'emploi
 - Tâche
 - Outil
 - Marque et modèle de l'outil
 - Matériau
 - Pourcentage de silice précisé dans le document
 - % de silice (type non précisé) dans le matériau
 - % de quartz dans le matériau (d)
 - % de cristobalite dans le matériau (d)
 - % de tridymite dans le matériau (d)
 - % de tripoli dans le matériau
 - Méthode d'analyse utilisée pour identifier le matériau en vrac
- Codification des titres d'emploi, tâches, matériaux et outils
 - Titre d'emploi normalisé pour le Québec (d)
 - Tâche normalisée pour le Québec (d)
 - Matériau normalisé pour le Québec (d)
 - Outil normalisé pour le Québec (d)
- Codification des chantiers
 - Classe de chantier (d)
 - Type de chantier (d)

- Description des paramètres quantitatifs de l'exposition
 - Nombre de prélèvements (n)
 - Moyenne arithmétique (si $n > 1$)
 - Écart-type arithmétique (si $n > 1$)
 - Moyenne géométrique (si $n > 1$)
 - Écart-type géométrique (si $n > 1$)
 - Valeur minimum (si $n > 1$)
 - 5^e centile (si $n > 1$)
 - 10^e centile (si $n > 1$)
 - Médiane (si $n > 1$)
 - 90^e centile (si $n > 1$)
 - 95^e centile (si $n > 1$)
 - Valeur maximum (si $n > 1$)
 - Autre valeur statistique 1 (si $n > 1$)
 - Autre valeur statistique 1 - définition (si $n > 1$)
 - Valeur brute de la mesure (si $n=1$)
 - Valeur calculée selon l'objectif de la mesure
 - Durée du prélèvement (minutes) (d)
 - Valeur d'exposition admissible (VEA) du quartz au Québec (le Québec n'a qu'une VEA – VEMP pour le quartz soit une «Valeur d'Exposition Moyenne Pondérée» sur une période de 8h)
 - Valeur d'exposition moyenne ajustée (VEMA) du quartz au Québec (calculée selon la durée du prélèvement)
- Codification des caractéristiques de l'exposition
 - Contaminant mesuré
 - Objectif de la mesure (d)
 - Type de prélèvement (d)
 - Méthode utilisée pour le prélèvement (d)
 - Méthode utilisée pour analyser le prélèvement (d)
 - Méthode spécifique utilisée pour analyser l'échantillon
 - Détails de la méthode spécifique si elle est non référencée
 - Unité de la mesure analytique
 - Limite de détection de la méthode analytique spécifique
 - Provenance de la valeur de durée du prélèvement
 - Provenance de la valeur d'exposition selon l'objectif de la mesure à partir de la donnée brute ou des paramètres statistiques
 - Contribution d'une source à proximité à l'exposition (d)
 - Nature de cette source d'exposition

- Détails de l'autre tâche polluante
- Nature de l'espace où a été fait le prélèvement (d)
- Formation de l'employé relativement aux risques associés à la silice (d)
- Association de la mesure à une autre mesure de la banque de données
- Nature de l'association
- Détails de cette association
- Codification des moyens de maîtrise
 - Utilisation d'un moyen de prévention autre qu'un APR (d)
 - Ventilation générale (d)
 - Ventilation par aspiration à proximité de l'outil (d)
 - Ventilation par aspiration sur l'outil (d)
 - Procédé humide (arrosage) (d)
 - Procédé humide intégré à l'outil (d)
 - Isolement de la source (d)
 - Maîtrise autre (d)
 - Détails des moyens de maîtrise
- Codification des APR
 - Utilisation d'un APR
 - Type d'APR utilisé
 - Commentaires concernant les APR
- Éléments généraux d'information
 - Disponibilité de photographies
 - Commentaires généraux

ANNEXE 3. CODIFICATION DANS LA BANQUE DE DONNÉES SILICE

Codification de la source de données

Type de document

Code	Description
1	Non précisé
2	Sans objet
3	Autre type de document
4	Article de périodique "Peer Reviewed"
5	Article de périodique "Non - Peer Reviewed"
6	Rapport d'organisme public
7	Rapport d'organisme privé
8	Banque de données publique
9	Organisme gouvernemental de surveillance

Cote de qualité de la description des déterminants

Code	Description
1	Non précisé
2	Sans objet
3	Autre
4	Renseignements non fournis ou insuffisants
5	Renseignements acceptables
6	Renseignements excellents

Cote de qualité de la métrologie

Code	Description
1	Non précisé
2	Sans objet
3	Autre
4	Renseignements non fournis
5	Méthodes apparentées aux méthodes référencées
6	Méthodes référencées

Description des titres d'emploi, tâches, etc. tels que décrits dans le document**Méthode d'analyse utilisée pour identifier le matériau en vrac**

Code	Description
1	Non précisé
2	Sans objet
3	Autre méthode
4	NIOSH7500
5	Autre méthode - Rayon X
6	NIOSH7602

Codification des titres d'emploi, tâches, matériaux et outils**Titres d'emploi normalisés pour le Québec**

Description
Non précisé
Sans objet
Autre*
Aide
Aide-monteur
Arpenteur
Assembleur
Boutefeu
Briqueteur-maçon
Calorifugeur
Carreleur
Chaîneur
Charpentier-menuisier
Chaudronnier
Chauffeur de chaudière à vapeur
Chef d'équipe
Cimentier-applicateur
Commis
Conducteur d'engin léger
Conducteur d'engin lourd
Conducteur d'engin moyen
Conducteur de camion
Conducteur de camion de lignes
Contremaître
Couvreur
Électricien
Émondeur
Épisseur (fusionneur) sur câbles à fibres optiques
Épisseur de câbles souterrains
Ferblantier
Ferrailleur

Foreur
Frigoriste
Fusionneur sur câble à fibres optiques
Gardien
Grutier
Homme de service sur machines lourdes
Hygiéniste du travail
Magasinier
Manoeuvre (journalier)
Manoeuvre en décontamination
Manoeuvre pipeline
Manoeuvre spécialisé
Manoeuvre spécialisé (carreleur)
Mécanicien d'ascenseur
Mécanicien de chantier (industriel)
Mécanicien de machines lourdes
Mécanicien en protection-incendie
Monteur « T »
Monteur d'acier de structure
Monteur de lignes 1re classe
Monteur de lignes 2e classe
Monteur de lignes 3e classe
Monteur de lignes 4e classe et Aide-monteur à terre
Monteur mécanicien (Vitrier)
NP
Opérateur d'appareils de levage
Opérateur d'usines fixes ou mobiles
Opérateur de génératrice
Opérateur de pelles mécaniques
Opérateur de pompes et compresseurs
Opérateur de tireur et/ou tensionneur
Opérateur d'équipement lourd
Peintre
Plâtrier
Poseur de pieux
Poseur de revêtements souples
Poseur de systèmes intérieurs
Préposé aux pneus et au débosselage
Scaphandrier (plongeur professionnel)
Serrurier de bâtiment
Soudeur
Soudeur alimentation, soudeur pipeline et soudeur distribution
Soudeur en tuyauterie
Spécialiste en branchement d'immeubles (gas fitter)
Tireur de câbles
Travailleur souterrain (mineur)
Tuyauteur

Tâches normalisées pour le Québec

Description
NP
Sans objet
Autres tâches
Arrosage
Boucharder le béton
Cassage de pièces de maçonnerie
Contrôle de la circulation
Coupe au diamant du béton ou de l'asphalte
Dé/montage d'échafaudage/Nettoyage
Décapage par projection d'abrasif (Grenaillage au jet de sable)
Démolition autre
Démolition avec équipement lourd
Déplacement manuel de petites pierres, sol etc.
Déplacement mécanique de pierre, sol etc
Forage de tunnels
Fourniture d'alignements, des axes de construction, des élévations...
Installation de carreaux acoustiques au plafond
Malaxage manuel ou mécanisé des ciments et mortiers
Manipulation de mortier sec
Meulage de joints de briques/pierres
Meulage de surfaces
Mise en place de coffrage à béton
Nettoyage
Observation/Supervision
Perçage de pièces de maçonnerie
Perçage de sol et de pierre
Ponçage
Pose et fixation de pièces de toiture
Préparation et finition du béton
Projection de béton
Sciage - Autres
Sciage de pièces de maçonnerie
Sciage de pièces de toiture
Support au briqueteur-maçon
Tâches multiples (Autres tâches reliées à la maçonnerie)
Tâches multiples (Cassage de pièces de maçonnerie et autres tâches)
Tâches multiples (Meulage de pièces de maçonnerie et autres tâches)
Tâches multiples (Sciage de pièces de maçonnerie et autres tâches)
Taillage manuel de la pierre
Tirage de joints des pièces de maçonnerie
Travail industriel et commercial - Autre
Travail sur route - Conduite d'équipement lourd
Travail sur route - Autre
Travaux de maintenance électrique
Travaux de maintenance mécanique

Matériaux normalisés pour le Québec

Description
NP
Sans objet
Autre
Asphalte
Béton
Blocs de béton
Brique
Brique réfractaire
Briques et blocs de béton
Carreau de toiture en ciment
Carreaux acoustiques
Cendres de charbon
Céramique
Ciment
Divers matériaux contenant du béton
Divers matériaux contenant du ciment
Divers matériaux contenant du sable
Granite
Gypse et matériau à joints
Marbre
Mortier
NP
Pierre
Sable
Terre

Outils normalisés pour le Québec

Description
NP
Sans objet
Aucun
Autre équipement industriel
Autre équipement routier
Autres (outils inertes)
Autres (outils mécaniques)
Balai, pelle, raclette (squeegee) et souffleur
Banc de scie à maçonnerie
Boucharde
Concasseur
Coupe-carreaux
Équipement lourd (Rétrocaveuse/excavatrice/bouteur/tracteur avec godet/pelle mécanique)
Fraiseuse routière
Machine à décaper par projection d'abrasif
Machine à forer
Malaxeur à mortier ou ciment
Marteau perforateur
Marteau piqueur
Meuleuse de finition de surface
Meuleuse pour joints de briques/pierres
Outils multiples (autres)
Outils multiples (marteaux perforateurs/piqueurs et...)
Outils multiples (scie à maçonnerie et ...)
Perceuse
Ponceuse
Scie à béton à contrôle arrière
Scie portative
Scie portative à maçonnerie
Tunnelier

Codification des chantiers

Classe de chantier

Code	Description
1	Non précisé
2	Sans objet
3	Autre classe
4	Résidentiel
5	Industriel
6	Institutionnel et Commercial
7	Génie civil et voirie
8	Industriel/Institutionnel et commercial
9	Institutionnel et Commercial / Génie civil et voirie
10	Laboratoire d'essai

Type de chantier

Code	Description
1	Non précisé
2	Sans objet
3	Autre type
4	Construction nouvelle
5	Rénovation
6	Démolition
7	Construction nouvelle / Démolition

Codification des caractéristiques de l'exposition

Contaminant mesuré

Code	Description
1	Non précisé
2	Sans objet
3	Autre contaminant
4	Poussières respirables
5	Quartz respirable
6	Poussières totales
7	Poussières inhalables
8	Cristobalite respirable
9	Silice respirable
10	Silice cristalline respirable
11	Tridymite respirable
12	Tripoli respirable
13	Poussières thoraciques
14	Quartz thoracique
15	Quartz inhalable
16	Quartz total
17	Silice cristalline totale
18	Cristobalite totale

Objectif de la mesure

Code	Description
1	Non précisé
2	Sans objet
3	Autre objectif
4	Tâche spécifique
5	Moyenne 8h
6	Période partielle
7	Pire période
8	Conformité réglementaire

Type de prélèvement

Code	Description
1	Non précisé
2	Sans objet
3	Autre
4	Source
5	Zone respiratoire
6	Ambiant
7	Choix #5 et #6

Méthode utilisée pour le prélèvement

Code	Description
1	Non précisé
2	Sans objet
3	Autre méthode
4	Cassette fermée 37 mm filtre PVC + Cyclone Nylon 10 mm, 1,7 l/min
5	Cassette fermée 37 mm filtre PVC + Cyclone Aluminium, 2,5 l/min ou 1,9 l/min
6	Cassette fermée 25 ou 37 mm filtre PVC et cyclone HD, 2,2 l/m
7	Instrument à lecture directe équipé d'un cyclone
8	IOM
9	Cassette fermée 37 mm filtre PVC
10	Cassette fermée 25 mm filtre PVC
11	Impacteur à cascades
12	Instrument à lecture directe
13	Méthode # 4 et méthode # 7
14	Cassette fermée 37 mm filtre PVC + Cyclone BGI 2,2 l/min
15	Méthode #4 et méthode #5
16	Méthode #4 et méthode #6
17	(Cassette fermée 37 mm filtre PVC + Cyclone BGI14L 4,2 l/min) et (cyclone approuvé HSE GK2.69 cyclone 4.2 l/min)

Méthode utilisée pour analyser le prélèvement

Code	Description
1	Non précisé
2	Sans objet
3	Autre type
4	Gravimétrie
5	Rayons-X
6	Infrarouge
7	Lecture directe - compteur de particules par photométrie
8	Type #5 et type #6

Méthode spécifique utilisée pour analyser le prélèvement

Code	Description
1	Non précisé
2	Sans objet
3	Autre méthode
4	NIOSH 0600
5	NIOSH 7500
6	NIOSH 0500
7	NIOSH 7602
8	NIOSH 7500 et NIOSH 7602
9	MDHS 14/2 ou 14/3 (HSE)
10	MDHS 51/2 (HSE)
11	MDHS 76 (HSE)
12	OSHA ID-142
13	MDHS 51/2 et MDHS 76
14	IRSST 206-2
15	IRSST 78-1
16	IRSST 206-2 et 78-1
17	IRSST 48-1
18	IRSST 48-1 (Cycl)
19	INRS Metropol 002
20	INRS Metropol 049
21	INRS Metropol 092

Unité de la mesure analytique

Code	Description
1	Non précisé
2	Sans objet
3	Autre unité
4	mg/m ³

Provenance de la valeur de durée du prélèvement

Code	Description
1	Non précisé
2	Sans objet
3	Autre
4	Fournie par le document
5	Non précisé mais déduit par Beaudry C
6	Non précisé mais déduit par Senhaji M

Provenance de la valeur d'exposition selon l'objectif de la mesure à partir de la donnée brute ou des paramètres statistiques

Code	Description
1	Non précisé
2	Sans objet
3	Autre
4	Auteur
5	Beaudry_C
6	Senhaji_M

Contribution d'une source à proximité à l'exposition

Code	Description
1	Non précisé
2	Sans objet
3	Autre
4	Non
5	Oui

Nature de cette source d'exposition

Code	Description
1	Non précisé
2	Sans objet
3	Autre
4	Seule source d'exposition
5	Source secondaire

Nature de l'espace où a été fait le prélèvement

Code	Description
1	Non précisé
2	Sans objet
3	Autre environnement
4	Endroit Clos
5	Restreint (Cage d'escalier, corridor, tunnel)
6	Fermé (Murs, toit et fenêtres)
7	Partiellement fermé (plancher et plafond)
8	Ouvert (Extérieur)
9	Ouvert (Extérieur) et Fermé (Murs...)
10	Restreint (... , tunnel) et Ouvert (Extérieur)
11	Partiellement fermé et Ouvert

Association de la mesure à une autre mesure de la banque de données

Code	Description
1	Non précisé
2	Sans objet
3	Autre réponse
4	Non
5	Oui - pour calculer moyenne d'exposition
6	Oui - pour évaluer l'efficacité d'un moyen de maîtrise
7	Oui – pour comparer deux méthodes d'analyse

Formation de l'employé relativement aux risques associés à la silice

Code	Description
1	Non précisé
4	Non
5	Oui

Identification des mesures dont la valeur est inférieure à la limite de détection

Pour les champs « Moyenne arithmétique », « Écart-type arithmétique », « Moyenne géométrique », « Écart-type géométrique », « Valeur minimum », « 5^e centile », « 10^e centile », « Médiane », « 90^e centile », « 95^e centile », « Valeur maximum », « Autre valeur statistique », « Valeur brute de la mesure » :

Si la valeur rapportée dans le document était « plus petit que la limite de détection » ou « entre la limite de détection et la limite de quantification » la valeur inscrite dans le champ est -1.

Codification des moyens de maîtrise

Les moyens de maîtrise sont représentés par une série de 8 colonnes dans la base de données « Silice ».

Utilisation d'un moyen de prévention autre qu'un APR

Code	Description
1	Non précisé
4	Non
5	Oui

- Si le choix de cette colonne est « Non précisé (1) » sur une ligne, le contenu des 7 colonnes suivantes, « VentGen / ventAspP / ventAspO / procHAr / procHO / isoSrc / MaitrA », est nécessairement « Sans objet (2) »
- Si le choix de cette colonne est « Non (4) » sur une ligne, le contenu des 7 colonnes suivantes, « VentGen / ventAspP / ventAspO / procHAr / procHO / isoSrc / MaitrA », est nécessairement « Non (4) »
- Si le choix de cette colonne est « Oui (5) » sur une ligne, le contenu des 7 colonnes suivantes, « VentGen / ventAspP / ventAspO / procHAr / procHO / isoSrc / MaitrA », peut être soit « NP (1) », « Non (4) », soit « Oui (5) ».

Ventilation générale (VentGen)

Code	Description
2	Sans objet
4	Non
5	Oui

Ventilation par aspiration à proximité de l'outil (ventAspP)

Code	Description
2	Sans objet
4	Non
5	Oui

Ventilation par aspiration sur l'outil (ventAspO)

Code	Description
2	Sans objet
4	Non
5	Oui

Procédé humide (Arrosage) (procHAr)

Code	Description
2	Sans objet
4	Non
5	Oui

Procédé humide intégré à l'outil (procHO)

Code	Description
2	Sans objet
4	Non
5	Oui

Isolement de la source (isoSrc)

Code	Description
2	Sans objet
4	Non
5	Oui

Maîtrise autre (MaitrA)

Code	Description
2	Sans objet
4	Non
5	Oui

Codification des appareils de protection respiratoire (APR)

Utilisation d'un APR

Code	Description
1	Non précisé
2	Sans objet
3	Autre réponse
4	Non
5	Oui - fréquence non précisée
6	Oui - très irrégulièrement
7	Oui - irrégulièrement
8	Oui - systématiquement

- Si le choix de cette colonne est « Non précisé (1) » sur une ligne, le contenu de la colonne suivante est nécessairement « Sans objet (2) »
- Si le choix de cette colonne est « Non (4) » sur une ligne, le contenu de la colonne suivante, « APR_T », est nécessairement « Sans objet (2)»
- Si le choix de cette colonne est « Oui (5 à 7) » sur une ligne, le contenu de la colonne suivante, « APR_T », peut être tous les choix sauf « Sans objet (2) ».

Type d'APR utilisé (APR_T)

Code	Description
1	Non précisé
2	Sans objet
3	Autre type d'APR
4	Pièce faciale filtrante
5	APR filtrant Demi-masque
6	APR filtrant Masque complet
7	APR filtrant motorisé - casque et visière
8	APR filtrant motorisé - cagoule
9	APR filtrant motorisé - Demi-masque
10	APR filtrant motorisé - Masque complet
11	APR filtrant motorisé – Non précisé
12	APR à adduction d'air
13	Choix #4 et choix #5
14	Choix #5 et choix #6

ANNEXE 4. NIVEAUX D'EXPOSITION SELON LE TITRE D'EMPLOI

Titre d'emploi	n ¹	nE	MG	ETG	n-ETG ²	nE-ETG ²	Min	P25	Med	P75	P90	Max
Travailleur souterrain (Manoeuvre spécialisé)	20	1	0,30	5,3	8	1	0,03	0,27	0,29	0,33	0,77	3,4
Travailleur souterrain (Foreur)	13	2	0,24	13	13	2	0,01	0,07	0,17	3,0	9,7	16
Travailleur souterrain (Autre)	5	2	0,18	3,1	5	2	0,05	0,07	0,24	0,24	0,61	0,86
Cimentier-applicateur	163	9	0,17	6,8	128	8	0,01	0,05	0,11	0,41	3,0	33
Briqueteur-maçon	264	10	0,15	6,9	207	8	0,01	0,05	0,07	0,48	1,9	76
Couvreur ³	68	5	0,14	2,5	68	5	0,01	0,09	0,15	0,28	0,34	0,76
Foreur	17	5	0,14	3,1	17	5	0,01	0,12	0,17	0,20	0,34	1,3
Manœuvre pipeline ⁴	58	4	0,11	4,6	58	4	0,01	0,04	0,11	0,27	0,86	5,1
Manœuvre spécialisé	426	20	0,09	5,1	337	18	0	0,04	0,09	0,24	0,59	10
Manœuvre (journalier)	353	11	0,06	7,1	250	8	0	0,01	0,07	0,14	0,57	24
Opérateur d'usines fixes ou mobiles	5	2	0,06	3,5	5	2	0,01	0,03	0,06	0,18	0,19	0,2
Opérateur d'équipement lourd	169	11	0,05	3,5	147	10	0	0,02	0,04	0,11	0,27	1,1
Contremaître	13	4	0,04	1,9	5	3	0,01	0,02	0,06	0,06	0,06	0,06
Chaudronnier	24	1	0,01	1 ⁵	24	1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Autre	62	1	0,09	3,6	62	1	0,01	0,03	0,08	0,17	0,51	4,0
NP	85	3	0,07	11	11	2	0,02	0,07	0,07	0,07	0,07	18

¹ : Les paramètres suivants sont utilisés pour décrire la distribution des mesures

- n : le nombre de mesures,
- nE : le nombre d'études dont sont tirées ces « n » mesures,
- MG : la moyenne géométrique des « n » mesures,
- ETG : l'écart-type géométrique attribué à MG (calculé en n'utilisant que les mesures parmi les « n » qui étaient des mesures individuelles dans les sources de données originales),
- Min : la mesure la plus faible parmi les « n » mesures répertoriées,
- P25 : le 25^e centile de la distribution des « n » mesures,

- Med : la médiane des « n » mesures,
- P75 : le 75^e centile de la distribution des « n » mesures,
- P90 : le 90^e centile de la distribution des « n » mesures,
- Max : la mesure la plus élevée parmi les « n » mesures répertoriées.

² : n-ETG (Nombre de mesures) et nE-ETG (Nombre d'études) utilisées pour calculer l'écart-type géométrique. Ces mesures étaient des mesures individuelles dans les sources originales de données.

³ : Ce titre d'emploi correspond à des couvreurs ne faisant l'installation que de toitures en plaques de béton. Cette évaluation n'est pas représentative de l'ensemble des couvreurs du Québec.

⁴ : L'exposition moyenne d'un manœuvre pipeline est de 0,03 mg/m³ lorsqu'on enlève l'exposition lors du grenailage par jet d'abrasif

⁵ : Toutes les mesures étaient inférieures à la limite de détection de la méthode d'analyse.

ANNEXE 5. NIVEAUX D'EXPOSITION SELON LA TÂCHE EXÉCUTÉE

Tâche	n ¹	nE	MG	ETG	n-ETG ²	nE-ETG ²	Min	P25	Med	P75	P90	Max
Décapage par projection d'abrasif	22	4	1,6	4,8	8	3	0,06	1,6	2,6	2,6	2,6	11
Tâches multiples (Sciage de pièces de maçonnerie et autres tâches)	53	1	0,70	3,3 ²	0	NA	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,7
Tâches multiples (Meulage de pièces de maçonnerie et autres tâches)	18	2	0,56	4,4	13	2	0,03	0,26	0,52	1,3	4,0	5,2
Boucharder le béton	11	1	0,46	3,1	11	1	0,07	0,24	0,24	1,5	2,1	2,1
Cassage de pièces de maçonnerie	187	10	0,41	4,6	89	7	0,00	0,16	1,1	1,1	1,1	4,3
Forage de tunnels	41	1	0,39	2,6 ²	0	NA	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39
Sciage de pièces de toiture	10	1	0,35	1,2	10	1	0,29	0,30	0,32	0,41	0,42	0,45
Meulage de joints de briques/pierres	97	8	0,25	9,4	75	6	0,00	0,08	0,21	0,91	3,1	24
Contrôle de la circulation	6	1	0,11	2,9	6	1	0,04	0,05	0,07	0,28	0,44	0,53
Meulage de surfaces	244	6	0,09	5,9	3	2	0,00	0,06	0,09	0,47	0,70	2,0
Déplacement manuel de petites pierres, sol etc.	12	3	0,08	3,4	12	3	0,00	0,05	0,10	0,20	0,24	0,35
Sciage de pièces de maçonnerie	74	8	0,07	7,2	24	7	0,01	0,04	0,04	0,07	0,40	14
Tâches multiples (Cassage de pièces de maçonnerie et autres tâches)	27	2	0,07	NA	0	NA	0,01	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
Perçage de pièces de maçonnerie	172	9	0,04	15	38	7	0,00	0,03	0,03	0,04	0,42	94
Installation de carreaux acoustiques au plafond	42	2	0,03	1,4	21	1	0,01	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04
Démolition autre	32	2	0,03	NA	1	1	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,32
Nettoyage	30	4	0,03	5,3	6	2	0,00	0,02	0,02	0,03	0,09	0,69

Tâche	n ¹	nE	MG	ETG	n-ETG ²	nE-ETG ²	Min	P25	Med	P75	P90	Max
Travail industriel et commercial - Autre	7	1	0,03	NA	0	NA	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Coupe au diamant du béton ou de l'asphalte	40	3	0,02	3,7	40	3	0,00	0,01	0,02	0,05	0,08	0,14
Tirage de joints des pièces de maçonnerie	16	2	0,02	NA	0	NA	0,00	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
Perçage de sol et de pierre	12	2	0,02	5,1	4	1	0,01	0,02	0,02	0,02	0,11	0,13
Travail sur route - Autre	5	2	0,02	1,7	5	2	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04
Mise en place de coffrage à béton	159	3	0,01	1	3	1	0,00	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03
Projection de béton	82	1	0,01	3,1 ³	0	NA	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Travaux de maintenance électrique	41	1	0,01	NA	0	NA	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Malaxage manuel ou mécanisé des ciments et mortiers	28	4	0,01	2,3	6	2	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,06
Ponçage	15	1	0,01	2,8	15	1	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,08
Autres tâches	125	4	0,01	NA	1	1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,04
NP	138	2	0,15	NA	1	1	0,02	0,07	0,20	0,20	0,20	0,32

¹ : Les paramètres suivants sont utilisés pour décrire la distribution des mesures

- n : le nombre de mesures,
- nE : le nombre d'études dont sont tirées ces « n » mesures,
- MG : la moyenne géométrique des « n » mesures,
- ETG : l'écart-type géométrique attribué à MG (calculé en n'utilisant que les mesures parmi les « n » qui étaient des mesures individuelles dans les sources de données originales),
- Min : la mesure la plus faible parmi les « n » mesures répertoriées,
- P25 : le 25^e centile de la distribution des « n » mesures,
- Med : la médiane des « n » mesures,

- P75 : le 75^e centile de la distribution des « n » mesures,
- P90 : le 90^e centile de la distribution des « n » mesures,
- Max : la mesure la plus élevée parmi les « n » mesures répertoriées.

² : n-ETG (Nombre de mesures) et nE-ETG (Nombre d'études) utilisées pour calculer l'écart-type géométrique. Ces mesures étaient des mesures individuelles dans les sources originales de données.

³ : Cet écart-type est celui de la source de données originale

ANNEXE 6. NIVEAUX D'EXPOSITION SELON LE MATÉRIAU

Matériau	n ¹	nE	MG	ETG	n- ETG ²	nE- ETG ²	Min	P25	Med	P75	P90	Max
Céramique	8	1	0,33	3,6	8	1	0,04	0,19	0,30	0,88	1,6	1,8
Ciment	63	2	0,22	5,7	14	2	0,02	0,06	0,30	0,70	0,70	6,5
Mortier	81	7	0,18	9,3	68	5	0,00	0,04	0,21	0,91	2,8	25
Brique	18	3	0,18	5,2	6	2	0,01	0,20	0,20	0,27	0,33	1,2
Briques et blocs de béton	15	2	0,16	3,2	15	2	0,01	0,08	0,21	0,34	0,54	0,96
Divers matériaux (contenant du sable)	13	4	0,13	11	13	4	0,01	0,01	0,19	0,52	1,8	11
Divers matériaux (contenant du béton)	361	5	0,09	24	3	2	0,00	0,03	0,04	0,70	1,1	3,8
Sable	18	1	0,08	3,0	18	1	0,01	0,04	0,06	0,19	0,34	0,53
Pierre	177	4	0,07	7,4	16	3	0,01	0,03	0,03	0,39	0,39	5,2
Béton	491	20	0,06	7,4	146	14	0,00	0,01	0,06	0,32	0,90	94
Terre	6	2	0,03	4,1	6	2	0,00	0,02	0,02	0,10	0,15	0,17
Asphalte	40	3	0,02	3,7	40	3	0,00	0,01	0,02	0,05	0,08	0,14
Carreaux acoustiques	21	1	0,02	1,4	21	1	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04
Gypse et matériau à joints	15	1	0,01	2,8	15	1	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,08
NP	420	7	0,04	2,7	4	3	0,00	0,01	0,03	0,16	0,20	2,6

¹ : Les paramètres suivants sont utilisés pour décrire la distribution des mesures

- n : le nombre de mesures,
- nE : le nombre d'études dont sont tirées ces « n » mesures,

- MG : la moyenne géométrique des « n » mesures,
- ETG : l'écart-type géométrique attribué à MG (calculé en n'utilisant que les mesures parmi les « n » qui étaient des mesures individuelles dans les sources de données originales),
- Min : la mesure la plus faible parmi les « n » mesures répertoriées,
- P25 : le 25^e centile de la distribution des « n » mesures,
- Med : la médiane des « n » mesures,
- P75 : le 75^e centile de la distribution des « n » mesures,
- P90 : le 90^e centile de la distribution des « n » mesures,
- Max : la mesure la plus élevée parmi les « n » mesures répertoriées.

² : n-ETG (Nombre de mesures) et nE-ETG (Nombre d'études) utilisées pour calculer l'écart-type géométrique. Ces mesures étaient des mesures individuelles dans les sources originales de données.

ANNEXE 7. NIVEAUX D'EXPOSITION SELON L'OUTIL UTILISÉ

Outil	n ¹	nE	MG	ETG	n-ETG ²	nE-ETG ²	Min	P25	Med	P75	P90	Max
Scie portative à maçonnerie	14	4	0,63	4,7	14	4	0,07	0,40	0,44	1,3	4,6	14
Outils multiples (marteaux perforateurs/piqueurs et...)	127	5	0,50	4,1	14	3	0,01	0,14	1,1	1,1	1,1	1,3
Boucharde	11	1	0,46	3,1	11	1	0,07	0,24	0,24	1,5	2,1	2,1
Outils multiples (autres)	11	2	0,40	5,9	6	2	0,03	0,26	0,26	0,72	2,2	4,3
Tunnelier	41	1	0,39	NA	0	NA	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39
Marteau perforateur	75	5	0,32	2,8	61	4	0,04	0,15	0,34	0,79	1,5	2,2
Machine à forer	7	4	0,30	2,7	7	4	0,07	0,20	0,41	0,61	0,80	0,81
Coupe-carreaux	6	1	0,30	1,0	6	1	0,29	0,30	0,30	0,31	0,32	0,32
Meuleuse de finition de surface	127	4	0,29	NA	1	1	0,02	0,10	0,47	0,70	1,5	2,0
Meuleuse pour joints de briques/pierres	88	7	0,24	9,3	76	6	0,00	0,06	0,20	1,33	3,3	25
Outils multiples (scie à maçonnerie et ...)	129	4	0,23	3,3	12	2	0,04	0,04	0,42	0,70	0,70	5,2
Ponceuse	9	1	0,07	NA	1	1	0,06	0,06	0,06	0,06	0,10	0,10
Scie à béton à contrôle arrière	6	3	0,06	5,7	6	3	0,02	0,02	0,03	0,09	0,88	1,6
Perceuse	32	5	0,05	21,8	25	4	0,00	0,00	0,08	0,33	0,43	94,00
Balai, pelle, raclette et souffleur	15	2	0,05	5,3	6	2	0,01	0,03	0,03	0,06	0,47	0,69
Banc de scie à maçonnerie	5	1	0,05	3,3	5	1	0,01	0,04	0,06	0,07	0,19	0,27
Concasseur	5	1	0,05	1,7	5	1	0,03	0,03	0,05	0,08	0,09	0,09
Équipement lourd (Rétrocaveuse/excavatrice/bouteur/tracteur avec godet/pelle mécanique)	9	4	0,04	3,0	9	4	0,00	0,04	0,05	0,08	0,11	0,17

Outil	n ¹	nE	MG	ETG	n-ETG ²	nE-ETG ²	Min	P25	Med	P75	P90	Max
Autres (outils inertes)	42	5	0,02	2,7	29	4	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,08
Fraiseuse routière	40	3	0,02	3,7	40	3	0,00	0,01	0,02	0,05	0,08	0,14
Autres (outils mécaniques)	18	2	0,02	1,2	10	1	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
Malaxeur à mortier ou ciment	9	1	0,01	NA	0	NA	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
NP	916	15	0,03	4,2	44	9	0,00	0,01	0,03	0,06	0,20	2,6

¹ : Les paramètres suivants sont utilisés pour décrire la distribution des mesures

- n : le nombre de mesures,
- nE : le nombre d'études dont sont tirées ces « n » mesures,
- MG : la moyenne géométrique des « n » mesures,
- ETG : l'écart-type géométrique attribué à MG (calculé en n'utilisant que les mesures parmi les « n » qui étaient des mesures individuelles dans les sources de données originales),
- Min : la mesure la plus faible parmi les « n » mesures répertoriées,
- P25 : le 25^e centile de la distribution des « n » mesures,
- Med : la médiane des « n » mesures,
- P75 : le 75^e centile de la distribution des « n » mesures,
- P90 : le 90^e centile de la distribution des « n » mesures,
- Max : la mesure la plus élevée parmi les « n » mesures répertoriées.

² : n-ETG (Nombre de mesures) et nE-ETG (Nombre d'études) utilisées pour calculer l'écart-type géométrique. Ces mesures étaient des mesures individuelles dans les sources originales de données.

ANNEXE 8. NIVEAUX D'EXPOSITION ASSOCIÉS À L'EMPLOI - AUTRES SOURCES DE DONNÉES

Titre d'emploi	Banque de données		Québec ¹		ACGIH ²		ERG ³	
	MG ⁴	n / nE	MG	n / nE	MG	n	Med	n
Travailleur souterrain (Manoeuvre spécialisé)	0,30	20 / 1	0,30	20 / 1	---	---	---	---
Travailleur souterrain (Foreur)	0,24	13 / 2	0,12	6 / 1	---	---	---	---
Travailleur souterrain (Autre)	0,18	5 / 2	0,18	5 / 2	---	---	---	---
Cimentier-applicateur	0,17	163 / 9	---	---	0,16	229	---	---
Briqueteur-maçon	0,15	264 / 10	0,07	8 / 1	0,13	240	---	---
Manoeuvre pipeline	0,11	58 / 4	0,06	5 / 1	---	---	---	---
Manoeuvre spécialisé	0,09	426 / 20	0,07	61 / 1	---	---	---	---
Manoeuvre (journalier)	0,06	353 / 11	---	---	0,14	591	---	---
Opérateur d'usines fixes ou mobiles	0,06	5 / 2	---	---	---	---	0,3	5
Travailleur souterrain (Manoeuvre pipeline)	0,06	2 / 1	0,06	2 / 1	---	---	---	---
Opérateur d'équipement lourd	0,05	169 / 11	0,09	12 / 2	0,05	102	0,01	24

¹ : Niveaux d'exposition tirés de la banque de données mais provenant exclusivement de mesures réalisées au Québec.

² : Niveaux d'exposition tirés du document de Flanagan et coll [11]

³ : Niveaux d'exposition tirés du document de ERG [43]

⁴ : Les paramètres suivants sont utilisés pour décrire la distribution des mesures

- n : le nombre de mesures,
- nE : le nombre d'études dont sont tirées ces « n » mesures,
- MG : la moyenne géométrique des « n » mesures,
- Med : la médiane des « n » mesures

ANNEXE 9. NIVEAUX D'EXPOSITION ASSOCIÉS À LA TÂCHE – AUTRES SOURCES DE DONNÉES

Tâche	Banque de données		Québec ¹		ACGIH ²		ERG ³		BGIA ⁴	
	MG	n / nE	MG	n / nE	MG	n	Med	n	MA ⁵	n / nE
Cassage de pièces de maçonnerie	0,41	187 / 10	0,05	3 / 1	---	---	0,15	100	0,26	56/27
Forage de tunnels	0,39	41 / 1	---	---	0,3	8	0,01	30	0,15	407/84
Sciage de pièces de toiture	0,35	10 / 1	---	---	---	---	---	---	0,81	42/31
Meulage de joints de briques/pierres	0,25	97 / 8	0,17	9 / 1	0,6	101	0,53	107	---	---
Meulage de surfaces	0,09	244 / 6	---	---	0,3	122	0,18	41	0,08	41/19
Déplacement manuel de petites pierres, sol etc.	0,08	12 / 3	---	---	---	---	---	---	0,05	30/13
Sciage de pièces de maçonnerie	0,07	74 / 8	---	---	0,1	164	0,06	74	0,05 à 0,07	66/30
Perçage de pièces de maçonnerie	0,04	172 / 9	0,01	14 / 1	0,2	97	0,06	9	0,5	18/9
Nettoyage	0,03	30 / 4	---	---	---	---	---	---	0,02 à 0,11	52/31
Coupe au diamant du béton ou de l'asphalte	0,02	40 / 3	---	---	---	---	---	---	0,42	146/23
Tirage de joints des pièces de maçonnerie	0,02	16 / 2	---	---	---	---	---	---	0,03	23/11
Perçage de sol et de pierre	0,02	12 / 2	---	---	---	---	0,05	30	---	---
Mise en place de coffrage à béton	0,01	159 / 3	0,02	3 / 1	---	---	---	---	0,01 à 0,03	66/19
Malaxage manuel ou mécanisé des ciments et mortiers	0,01	28 / 4	---	---	0,1	54	---	---	---	---
Démolition de matériaux réfractaires de fours ou de cheminées	---	---	---	---	---	---	---	---	1,16	47/22
Mélange de matériaux de réfection de fours et cheminées	---	---	---	---	---	---	---	---	0,66	12/5

Tâche	Banque de données		Québec ¹		ACGIH ²		ERG ³		BGIA ⁴	
	MG	n / nE	MG	n / nE	MG	n	Med	n	MA ⁵	n / nE
Déplacement mécanisé de petites pierres, sol etc.	---	---	---	---	---	---	---	---	0,02	10/8
Démolition mécanisé de pièces de maçonnerie	---	---	---	---	---	---	---	---	0,12	25/12
Enlèvement de plâtre	---	---	---	---	---	---	---	---	0,14	24/10
Épandage de plâtre	---	---	---	---	---	---	---	---	0,02	35/19
Installation de murs intérieurs de gypse	---	---	---	---	---	---	---	---	0,05	17/7
Meulage de murs de gypse	---	---	---	---	---	---	0,01	15	0,05	15/10

¹ : Niveaux d'exposition tirés de la banque de données mais provenant exclusivement de mesures réalisées au Québec.

² : Niveaux d'exposition du document de Flanagan et coll. [11]

³ : Niveaux d'exposition du document de ERG [43]

⁴ : Niveaux d'exposition du document du BGIA – Report 8/2006e [42]

⁵ : Les paramètres suivants sont utilisés pour décrire la distribution des mesures :

- n : le nombre de mesures
- nE : le nombre d'études dont sont tirées ces « n » mesures
- MG : la moyenne géométrique des « n » mesures
- Med : la médiane des « n » mesures
- MA : moyenne arithmétique des « n » mesures