




# Le décapage au jet d'abrasif

**CSST**

Commission  
de la santé  
et de la sécurité  
du travail



Ce document a été préparé par Candide Fournier avec la collaboration de Ghislain Fortin, Nga Hoang, Marie Breton et Éric Lapointe, Direction de la prévention-inspection de la CSST

**Validation**

Guy Perrault, Institut de recherche en santé et en sécurité du travail (IRSST), Jocelyne Forest, Direction de la santé publique de Montréal centre, Patrice Mercier, Association sectorielle paritaire pour la santé et la sécurité du travail, secteur construction.

**Révision linguistique**

Jacques Lethuillier

**Édition électronique**

Smash design

**Production**

Suzanne Verge

**Préresse et impression**

Imprimerie de la CSST

Reproduction autorisée avec mention de la source



# Table des matières

Introduction	9
Section I	
Procédés et aménagement des lieux	
1 Les procédés	
1.1 Le procédé à sec	13
1.1.1 La projection à l'air comprimé	13
1.1.1.1 Les machines à décaper à projection par pression directe	13
• buse de type à vis	
• buse de type à collet	
• buse de type conique	
• télécommandes à action mécanique	
• télécommandes à action pneumatique	
• télécommandes à action électro-pneumatique à 12 V c.c. ou 110 V c.a.	
• télécommandes radio	
1.1.1.2 Les machines à décaper à projection par aspiration ou succion	16
1.1.2 La projection mécanique	17
1.2. Le procédé humide ou liquide	18
1.2.1 Le procédé humide par jet d'eau annulaire	18
1.2.2 Le procédé liquide par ajout de sable	18
1.2.3 La succion en milieu liquide	18
2 L'aménagement des lieux	
2.1 La cabine de décapage	19
2.2 La chambre de décapage	20
2.3 Le décapage à l'extérieur	20
2.4 Situations particulières	20
Section II	
Risques pour la santé et la sécurité	
Les risques et leurs sources	
23	
1 La silice	
1.1 Les effets sur la santé	25
1.1.1 La silicose chronique	25
1.1.2 La silicose accélérée	25
1.1.3 La silicose aiguë	25
1.2 La réglementation	26
Silice libre (cristobalite, tridymite, quartz)	
2 L'olivine naturelle	
2.1 Les effets sur la santé	27
2.2 La réglementation	27

3	L'olivine synthétique	
3.1	Les effets sur la santé	29
3.2	La réglementation	29
4	Les autres poussières minérales	
	Carbure de silicium, grenats, silex concassé, billes de verre (silice amorphe), céramiques	31
4.1	Les effets sur la santé	31
	Fibres de carbure de silicium et de céramiques, grenats, silex concassé, billes de verre (silice amorphe), céramiques	
4.2	La réglementation	31
	Silex concassé, silice amorphe, carbure de silicium dans sa forme non fibreuse et dans sa forme fibreuse, fibres minérales vitreuses artificielles (fibres réfractaires, céramiques et autres), grenats	
5	Les poussières de métaux ferreux	
	Oxyde de fer	33
5.1	Les effets sur la santé	33
5.2	La réglementation	33
	Trioxyde de fer	
6	Les poussières de métaux non ferreux	
	Oxyde d'aluminium ou corindon, plomb, composés du mercure, du zinc et du cadmium, carbone, manganèse, cuivre, phosphore, soufre, molybdène, silice, vanadium, nickel, chrome	35
6.1	Les effets sur la santé	35
	Oxyde d'aluminium, plomb inorganique, mercure, poussières d'oxyde de zinc et oxyde de zinc, cadmium, manganèse, cuivre, phosphore, soufre, molybdène, silice, vanadium, nickel, chrome	
6.2	La réglementation	38
	Oxyde d'aluminium, corindon ou aluminium métallique, composés inorganiques du plomb, composés arylés et composés inorganiques du mercure, oxyde de zinc, poussières métalliques et sels de cadmium, manganèse, cuivre, phosphore, soufre, molybdène, silice, vanadium, nickel métallique et composés du nickel, chrome métallique et composés hydro-insolubles du chrome VI	
7	Les scories de métaux non ferreux	
	Cuivre, plomb et arsenic	39
7.1	Les effets sur la santé	39
	Scories de nickel et de cuivre	
7.2	La réglementation	40
	Nickel métallique et ses composés solubles, cuivre, composés inorganiques du plomb et métal, arsenic et ses composés solubles	
8	Les scories de charbon	
	Aluminium, titane, fer, silice, calcium, magnésium, potassium, sodium, soufre, phosphore, strontium, baryum, manganèse	41
8.1	Les effets sur la santé	41
	Scories de charbon, oxyde d'aluminium, titane, oxyde de fer, silice, magnésium, soufre, phosphore, baryum, manganèse	



8.2	La réglementation Oxyde d'aluminium, titane, trioxyde de fer, silice, calcium, magnésium, soufre, phosphore, baryum, manganèse	43
9	Les poussières d'origine végétale Coquilles de noix concassées, sciure de bois, épis de maïs séchés et broyés, écorces de céréales, amidon	45
9.1	Les effets sur la santé Épis de maïs séchés et broyés, coquilles de noix concassées	45
9.2	La réglementation Poussières de bois de cèdre rouge, poussières de bois dur et mou à l'exception du cèdre rouge	45
10	Les plastiques	
10.1	Les effets sur la santé Matières plastiques	47
10.2	La réglementation	47
11	La neige carbonique	
11.1	Les effets sur la santé Neige carbonique	49
11.2	La réglementation Dioxyde de carbone (anhydride carbonique)	49
12	Les constituants des peintures Poussières nocives, carbonate de calcium, silice amorphe, silice cristalline, trioxyde de fer, chromate de plomb, chromate de zinc, chromate de strontium, composés du baryum, cuivre, oxyde de tributylétain, bioxyde de titane, hydrocarbures polycycliques aromatiques, composés du plomb, du mercure, de l'arsenic, du zinc et du cadmium	51
12.1	Les effets sur la santé Poussières nocives, carbonate de calcium, silice amorphe, silice cristalline, trioxyde de fer, chromate de plomb, chromate de zinc, chromate de strontium, composés solubles du baryum, cuivre, oxyde de tributylétain, bioxyde de titane, hydrocarbures polycycliques aromatiques, plomb inorganique, mercure, oxyde de zinc et poussières d'oxyde de zinc, cadmium	51
12.2	La réglementation Poussières nocives, carbonate de calcium, silice amorphe, silice cristalline, trioxyde de fer, chromate de plomb, chromate de zinc, chromate de strontium, composés du baryum, cuivre, oxyde de tributylétain, bioxyde de titane, hydrocarbures polycycliques aromatiques, composés inorganiques du plomb, composés arylés et inorganiques du mercure, oxyde de zinc, poussières métalliques et sels de cadmium	53



13	Les solvants Trichloro-1,1,1 éthane, trichloréthylène, acétone, méthyléthylcétone, méthylisobutylcétone, solvant stoddard, toluène, xylène	55
13.1	Les effets sur la santé	55
13.2	La réglementation Trichloro-1,1,1 éthane, trichloréthylène, acétone, méthyléthylcétone, méthylisobutylcétone, solvant stoddard, toluène, xylène	55
14	Le bruit	
14.1	Les effets sur la santé	58
14.2	La réglementation	58
15	Les conditions climatiques	
15.1	Les effets sur la santé et la sécurité	59
15.2	La réglementation	60
16	Le feu et les explosions	
16.1	Les effets sur la santé et la sécurité	61
16.2	La réglementation	61
17	L'électricité statique	
17.1	Les effets sur la santé et la sécurité	63
17.2	La réglementation	63
18	Les risques de nature ergonomique	
18.1	Les effets sur la santé et la sécurité	65
18.2	La réglementation	65
19	La projection de particules	
19.1	Les effets sur la santé et la sécurité	67
19.2	La réglementation	67
20	Les chutes Chutes de même niveau ou glissades, chutes de hauteur	69
20.1	Les effets sur la santé et la sécurité	69
20.2	La réglementation Chutes de même niveau ou glissades, chutes de hauteur	70

### Section III Mesures de prévention

1	La substitution	75
2	Les mesures de protection contre les risques liés aux abrasifs et aux particules	77
2.1	La protection respiratoire	77
2.1.1	Les difficultés inhérentes au port des équipements de protection des voies respiratoires	77
2.1.2	La sélection	77
2.1.3	L'utilisation	78
2.1.4	La vérification du port adéquat de l'équipement	79
2.1.5	La formation	80



2.2	La protection contre les produits abrasifs autre que la protection respiratoire	81
3	Les moyens de protection contre les risques liés à l'utilisation de l'équipement	
3.1	Le bruit	83
3.2	Les risques ergonomiques	83
3.3	Les risques de feu et d'explosion	84
4	Les moyens de protection contre les risques inhérents aux lieux de travail	
4.1	Les chutes	85
4.2	La chambre de décapage	85
5	Les dispositions générales	87
	Annexe 1	
	Méthode d'inspection des équipements de protection respiratoire	89
	Annexe 2	
	Méthode de nettoyage des équipements de protection respiratoire	91
	Annexe 3	
	Méthode de désinfection des équipements de protection respiratoire	93
	Annexe 4	
	Méthode d'entretien des équipements de protection respiratoire	95
	Annexe 5	
	Méthode d'entreposage des équipements de protection respiratoire	97
	Bibliographie	99



# Introduction

Le décapage au jet d'abrasif est un procédé qui consiste à projeter sur une surface à traiter un flux de particules à haute vitesse. Les particules sont normalement entraînées par de l'air, mais tout autre fluide peut être utilisé. Ce procédé sert pour le nettoyage, l'enlèvement de peinture ou d'excès de matériau sur les surfaces, ou pour la finition ou la préparation des surfaces métalliques en vue d'un traitement ultérieur ou de l'application d'un revêtement. Il convient aussi bien pour des travaux sur de grandes surfaces comme celles des navires, des réservoirs d'entreposage, des ponts, des équipements de production, ou des automobiles. Bien qu'il soit utilisé le plus souvent pour le traitement des surfaces de fer ou d'acier, il est possible d'y recourir pour d'autres types de surfaces (brique, pierre, béton, aluminium, cuivre, laiton, bois, verre et plastique, notamment).

Cette technique de décapage très agressive met en suspension dans l'air des matières sous forme solide, liquide ou gazeuse. Les poussières produites par le décapage proviennent non seulement de l'abrasif et du fluide qui l'entraîne, mais aussi de la surface des matériaux et de la réaction possible entre ces éléments.

Il s'agit d'une activité de travail représentant plusieurs menaces pour la santé et la sécurité des travailleurs : inhalation de poussières, bruit, projection violente de particules, etc. Dans ce guide, nous décrivons les divers procédés utilisés pour le décapage au jet d'abrasif et différentes caractéristiques relatives à l'aménagement des lieux. Nous étudions ensuite les risques pour la santé et la sécurité inhérents à ces procédés, risques qui peuvent avoir pour origine les abrasifs, les surfaces à décaper, les lieux de travail ou les opérations elles-mêmes. Nous abordons aussi la réglementation qui s'applique et les mesures de prévention.

Ce document sera utilisé pour contrer les risques auxquels sont confrontés les travailleurs qui utilisent cette technique ou se trouvent à proximité d'une zone où elle est appliquée. Il fournit aussi les informations nécessaires à une bonne sensibilisation des travailleurs et des employeurs concernés par le décapage au jet d'abrasif.





Section I

# **Procédés et aménagement des lieux**

## 1

## Les procédés

Le décapage au jet d'abrasif met en jeu deux types distincts de procédé : le procédé à sec et le procédé humide ou liquide.

## 1.1

## Le procédé à sec

Dans le procédé à sec, on retrouve aussi deux classes différentes : la projection à l'air comprimé et la projection mécanique.

## 1.1.1

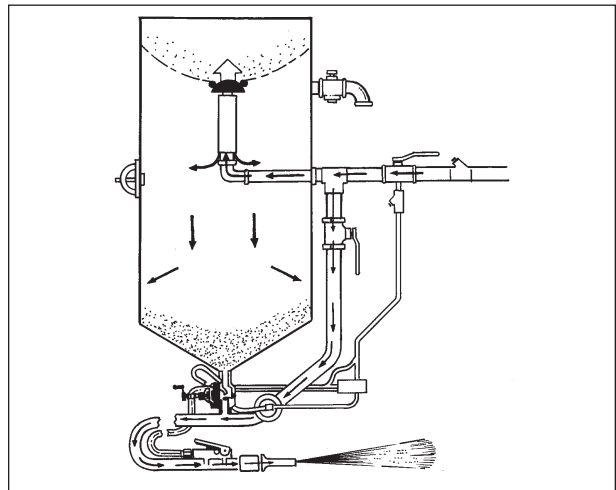
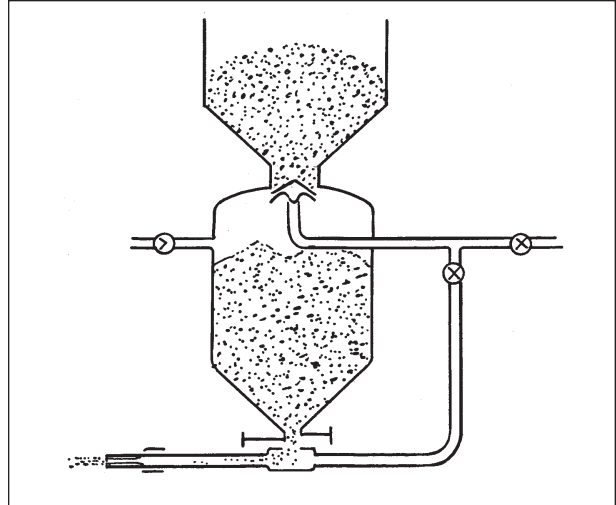
## La projection à l'air comprimé

Cette méthode consiste à utiliser de l'air comprimé pour projeter l'abrasif sur une surface. Deux catégories d'appareils, essentiellement, existent : les machines à décaper à projection par pression directe et les machines à décaper à projection par aspiration ou suction.

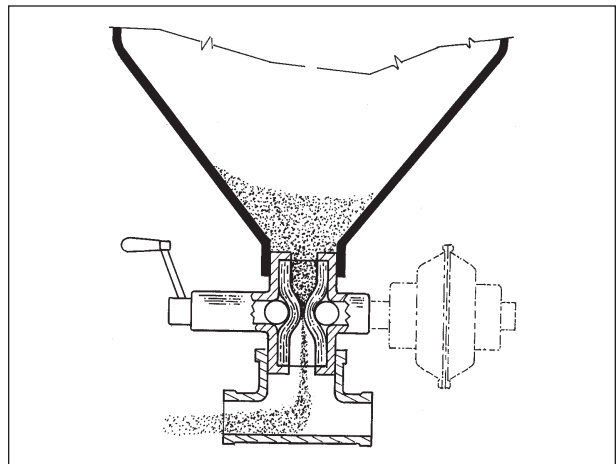
## 1.1.1.1

## Les machines à décaper à projection par pression directe

Cette première catégorie regroupe les réservoirs à décaper portatifs et est désignée sous différents noms, tels que : machine à décaper à air, réservoir à pression, etc. Ces appareils sont généralement utilisés sur les chantiers extérieurs et dans les salles de décapage industrielles. Dans ce procédé, l'abrasif est placé dans un réservoir et de l'air comprimé est introduit pour maintenir une pression n'excédant pas 860 kPa (125 lb/po<sup>2</sup>) à l'intérieur du réservoir. La capacité de ce réservoir peut varier de 0,014 m<sup>3</sup> (0,5 pi<sup>3</sup>) à 23 m<sup>3</sup> (800 pi<sup>3</sup>). Le remplissage du réservoir se fait par un orifice placé à la partie supérieure, appelé « clapet » ou « plongeur », qui se ferme lorsque la pression d'air est appliquée et s'ouvre lorsque l'air comprimé est coupé. Dans le réservoir même il y a, à sa partie inférieure, un mélangeur avec un système de fermeture et de réglage. Ce mélangeur, communément appelé « valve à sable » (*abrasive regulator*), a pour fonction d'assurer un débit constant d'abrasif à la sortie du réservoir. Depuis le réservoir, l'abrasif



Machines à décaper à projection par pression directe

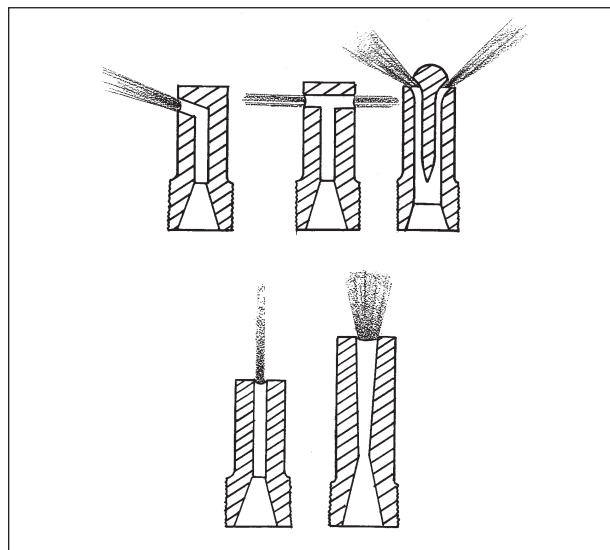


Dispositif de réglage de débit de l'abrasif

est entraîné à travers un « boyau de décapage » (*sandblast hose*). La longueur de ce boyau varie normalement de 8 à 150 m (25 à 500 pi), et elle peut être plus grande dans certains cas. Son diamètre intérieur varie généralement de 1,3 à 3,8 cm (0,5 po à 1,5 po). Le boyau de décapage doit être de type anti-abrasif et antistatique s'il est utilisé en atmosphère inflammable ou explosive.

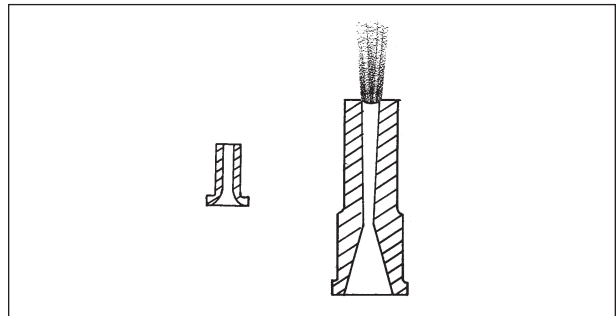
La « buse » à décaper (*nozzle* ou *tip*) est un accessoire qui s'installe à l'extrémité du boyau de décapage et permet au mélange air et abrasif en suspension de sortir à très grande vitesse, pour ensuite frapper la surface à nettoyer et ainsi la décaper. Le diamètre de la partie centrale de la buse peut varier de 3 à 13 mm (1/8 po à 1/2 po); les buses ayant un diamètre plus grand sont des cas d'exception. Les buses sont généralement fabriquées en carbure de « tungstène » ou de « bore ». Il existe trois grands types de buse :

- **la buse de type à vis**, normalisée à 3,175 cm (1,25 po) NPS (*Nominal Pipe Size*), avec un cône d'entrée de 2,54 cm (1 po) de diamètre. Dans cette catégorie, nous trouvons des buses de décapage à jet dévié (orifice oblique), en « T », ou à jet annulaire avec projection conique;



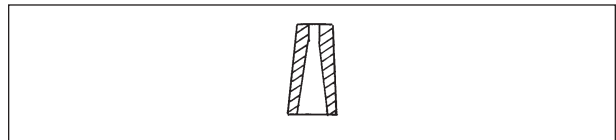
Buses à vis

- **la buse de type à collet** (à *flange*), ne se vissant pas, qui s'installe grâce à un système de fixation simple et rapide. Elle a un orifice d'entrée de 3,2 cm (1,25 po) et sa partie centrale existe en diamètres allant de 0,8 cm (5/16 po) jusqu'à 1,3 cm (1/2 po);



Buses à collet

- **la buse de type conique**, pour usage occasionnel, généralement fabriquée à partir d'un composé de céramique blanc, qui est destinée à être utilisée sur de petits appareils de décapage aux performances limitées.

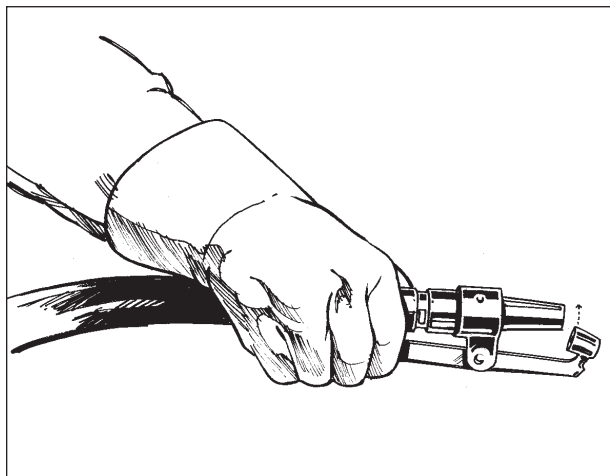


Buse conique

Pour ce qui est de la consommation d'air, elle varie en fonction du diamètre de la buse. Ainsi, une buse de 1,3 mm (1/8 po) d'orifice consommera environ 0,6 m<sup>3</sup> (20 pi<sup>3</sup> TPN) par minute, tandis qu'une buse dont l'orifice de sortie est de 13 mm (1/2 po) consommera 9,9 m<sup>3</sup> (350 pi<sup>3</sup>) d'air comprimé par minute pour une pression d'environ 830 kPa (120 lb/po<sup>2</sup>) dans le réservoir du compresseur (pression minimale à la buse - 690 kPa, 100 lb/po<sup>2</sup>).

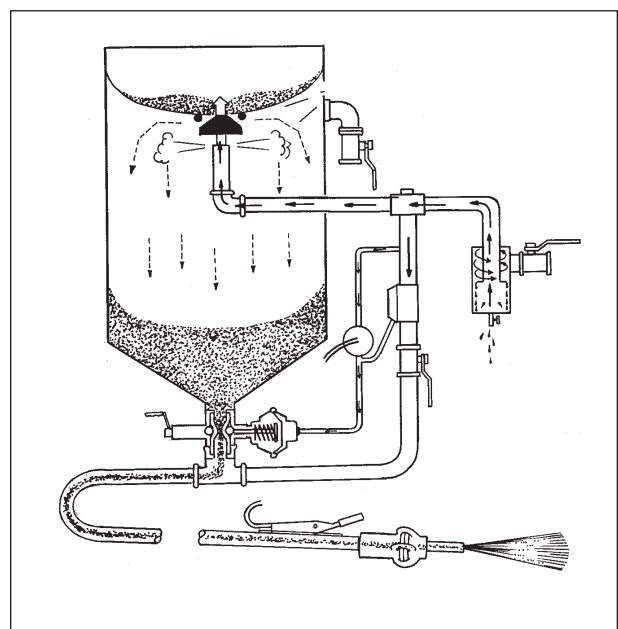
La télécommande (contrôle à distance) élimine la nécessité d'aller à la machine à décaper pour arrêter le jet, et coupe automatiquement ce dernier en cas de situation d'urgence. Elle fait en outre économiser de l'abrasif en coupant le jet lorsque l'opérateur se déplace. On distingue plusieurs types de télécommandes, selon le principe de fonctionnement utilisé, et notamment :

- les **télécommandes à action mécanique**, qui comportent un obturateur actionné par une manette permettant de bloquer la circulation de l'abrasif à la sortie de la buse, sont utilisées sur les petits appareils portatifs;



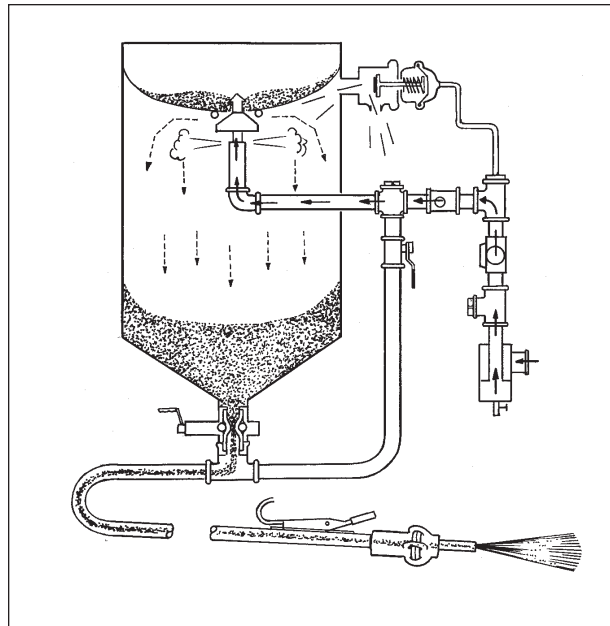
Télécommande à action mécanique utilisée sur de petits appareils, non protégée contre la mise en marche accidentelle

- les **télécommandes à action pneumatique**, qui se divisent en deux groupes. Le premier groupe est à décompression constante : la machine à décaper se vide au complet de son air comprimé à chaque fois que l'opérateur commande l'arrêt de la machine (populaire sur les gros chantiers offrant le remplissage automatique des machines à décaper sous silos). Le deuxième groupe est à pression constante : la machine à décaper demeure sous pression lorsque l'opérateur commande l'arrêt de la machine (populaire pour le travail à grande distance, quand l'air comprimé disponible est limité ou lorsqu'il y a arrêt fréquent);



Télécommande à action pneumatique

- les **télécommandes à action électropneumatique**, 12 V c.c. ou 110 V c.a., dans lesquelles la tension d'alimentation du secteur (110 V c.a.) est transformée et redressée de manière que la poignée soit alimentée en 12 V c.c. Ce type de télécommande se caractérise par un temps de réaction beaucoup plus court que le précédent et, par temps froid, n'a pas tendance à geler. Il est recommandé lorsque le boyau dépasse 30 m (100 pi).

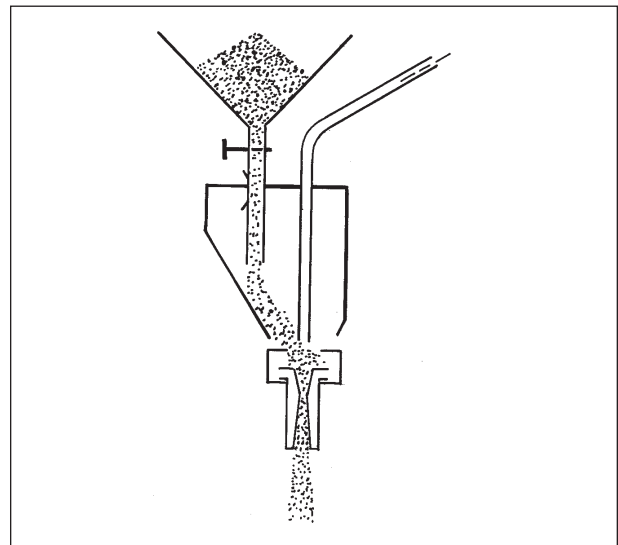
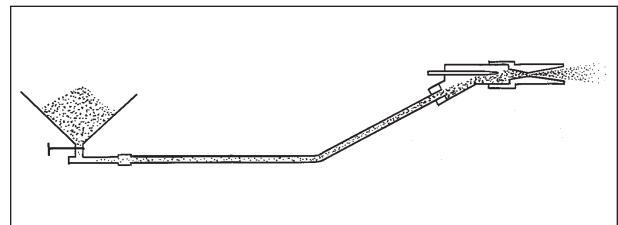


Télécommande à action électropneumatique

- les **télécommandes radio**, qui ne devraient jamais être utilisées, car des interférences radio peuvent accidentellement mettre en marche la machine à décaper ou rendre inopérante la commande, par suite de l'accumulation de poussière sur certaines composantes.

### 1.1.1.2 Les machines à décaper à projection par aspiration ou succion

Dans cette catégorie d'appareil, le pistolet à décaper est raccordé à une canalisation d'air comprimé et à un boyau d'alimentation en abrasif. Le boyau à abrasif est ouvert à l'atmosphère près de la base de la trémie du réservoir. Il en résulte que le passage de l'air comprimé dans le pistolet et au-delà du boyau à abrasif crée un vide partiel dans le boyau qui aspire l'abrasif dans le pistolet, d'où il est propulsé à travers la buse par le jet d'air comprimé. Dans ce procédé, le réservoir n'est pas mis sous pression.



Machines à décaper à projection par aspiration ou succion

Lorsque la cabine ou la chambre est munie d'un appareillage de recyclage (cyclone), l'abrasif utilisé ne peut être du sable de silice car ce type d'abrasif n'est pas recyclable.

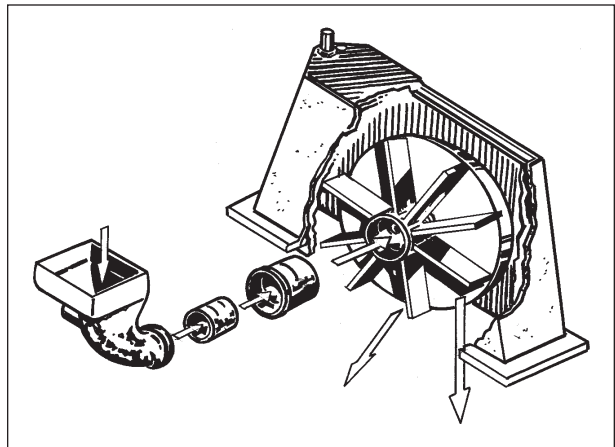
Dans le cas des cabines, le décapage peut être exécuté manuellement par un ou plusieurs opérateurs placés à l'extérieur de la cabine, semi-automatiquement ou automatiquement. Plusieurs buses peuvent fonctionner simultanément à l'intérieur, et la cabine comporte toujours un dépoussiéreur.

Il existe aussi des machines à décaper par projection à l'air comprimé n'entraînant pas la dispersion de poussières (VACUBLAST), qui sont munies d'un aspirateur pouvant récupérer à la source la poussière et l'abrasif. Ces appareils sont généralement portatifs et utilisent un abrasif recyclable. La longueur du boyau, avec de tels appareils, ne doit pas dépasser 6 m (20 pi) pour les modèles à succion et 30 m (100 pi) pour les modèles à pression.

Ce genre d'appareil présente l'avantage d'être peu polluant, mais il a des inconvénients. En particulier, il manque de polyvalence, les types de surfaces pour lesquelles on peut l'utiliser sont limités et sa vitesse de nettoyage est faible. Ainsi, ce type d'appareil sera utilisé lorsque les travaux de décapage engendrent de sérieux problèmes de pollution.

### 1.1.2 La projection mécanique

La projection mécanique est le plus souvent utilisée avec des équipements du type cabine, et elle est offerte en version automatique ou semi-automatique. Fondamentalement, la cabine contient une ou plusieurs turbines qui dirigent l'abrasif sur la pièce à traiter. Une turbine est une roue munie de pales qui transmet à un flux d'abrasif une énergie cinétique proportionnelle à la vitesse de rotation de la roue. L'abrasif, généralement de la grenaille d'acier, est introduit au centre de la roue dont la rotation a pour effet de la soumettre à l'action de la force centrifuge. Les grains d'abrasif s'éloignent du centre le long des pales jusqu'à l'extrémité extérieure, d'où ils sont projetés à grande vitesse et fort débit sur la pièce à traiter.



Machine à décaper à protection mécanique

La vitesse de projection, variant de 180 à 350 km/h, est proportionnelle à la vitesse de rotation et au diamètre du rotor de la turbine. Généralement, la vitesse de rotation est comprise entre 4 000 et 12 000 tr/min. Le débit de grenaille ou d'abrasif d'acier produit par ce type de machine à décaper est le plus souvent très élevé (de 30 à 130 kg/min). La poussière générée au moment du grenailage est ordinairement recueillie dans un dépoussiéreur qui fait partie du système.

Ces appareils sont plutôt destinés à des utilisateurs qui recherchent un haut niveau de production sur une base constante, comme pour le traitement en série de grosses pièces. Ils sont très efficaces mais leur prix est élevé. On aura avantage, avec ces appareils, à utiliser des abrasifs hautement recyclables.

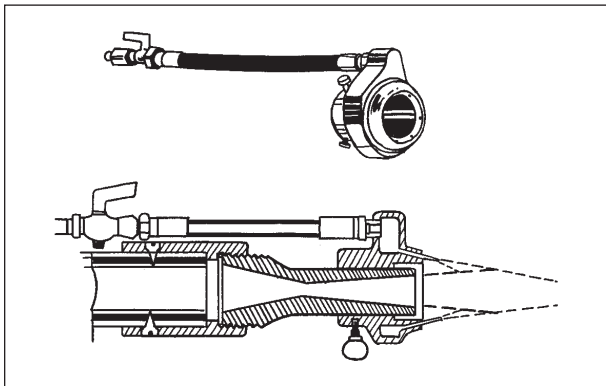
Les principaux types de machine à décaper à projection mécanique sont :

- des machines à tambour, à cuve, à tablier mécanique articulé et à tablier en caoutchouc;
- des machines à tables rotatives;
- des machines à tapis sans fin à traitement en continu;
- des machines à grenailer universelles;
- des machines pour le traitement des tôles et des profilés;
- des machines à grenailer les cylindres de laminoirs;
- des machines à grenailer pour le traitement de précontrainte.

## 1.2 Le procédé humide ou liquide

### 1.2.1 Le procédé humide par jet d'eau annulaire

La machine peut être équipée pour produire, à la sortie de la buse, un jet d'eau annulaire qui humidifiera le sable avant qu'il entre en contact avec la pièce à nettoyer. La poussière est alors considérablement réduite.



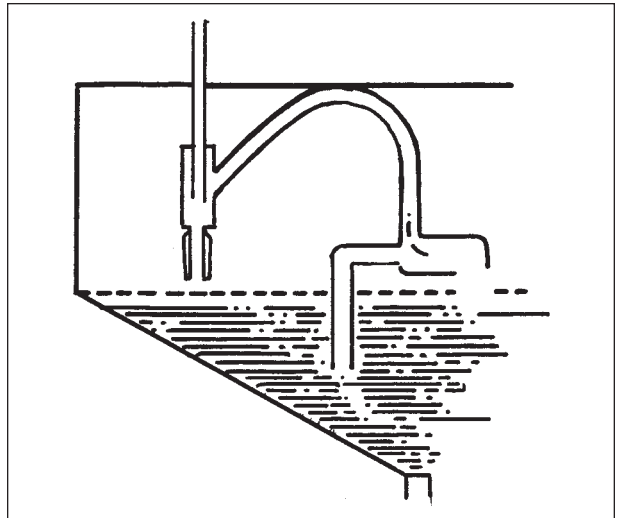
Anneau pour jet d'eau

### 1.2.2 Le procédé liquide par ajout de sable

Un autre procédé consiste à incorporer un certain pourcentage de sable dans le circuit d'eau lorsque le procédé de décapage à l'eau à haute pression (13 790 à 41 370 kPa ou 2 000 à 6 000 lb/po<sup>2</sup>) est utilisé.

### 1.2.3 La succion en milieu liquide

Dans le décapage par procédé liquide, l'air comprimé propulse une bouillie à haute vitesse directement sur la pièce à décaper. La bouillie est généralement constituée d'un mélange d'abrasif fin et d'eau traitée chimiquement. Elle est continuellement agitée pour prévenir le dépôt des abrasifs.



Machine à décaper à succion par procédé liquide

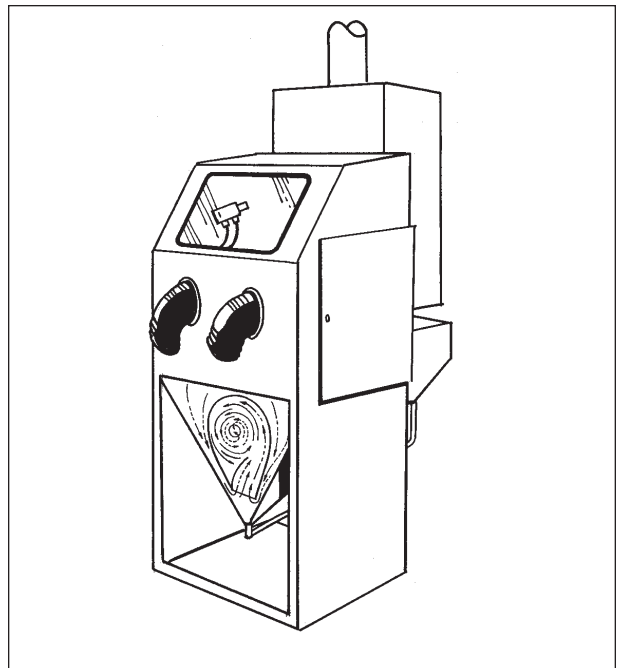
## L'aménagement des lieux

Selon le travail qui doit être effectué, le décapage au jet d'abrasif peut être exécuté soit dans une cabine ou dans une chambre de décapage, à l'extérieur ou dans tout autre lieu.

### La cabine de décapage

Une cabine de décapage est conçue pour permettre d'effectuer sur place un décapage de pièces de dimensions variées en contrôlant très bien le milieu ambiant. La dimension des cabines peut varier entre 50 cm x 50 cm (20 po x 20 po) et 1,8 m x 1,8 m (6 pi x 6 pi). Lorsque le décapage est exécuté manuellement à l'aide d'une cabine, l'opérateur est à l'extérieur et complètement isolé du procédé puisque la cabine est hermétique. Les travaux peuvent être effectués manuellement par un ou plusieurs opérateurs placés à l'extérieur de la cabine, semi-automatiquement ou automatiquement. Plusieurs buses peuvent fonctionner simultanément à l'intérieur.

Le décapage à l'intérieur de ces cabines peut se faire par aspiration pour des travaux légers ou par pression directe pour des travaux plus difficiles. Une cabine de décapage est toujours reliée à un dépoussiéreur, et comme l'abrasif généralement utilisé avec ces cabines doit être recyclable, il y a avantage à avoir aussi un système de recyclage.



Cabine de décapage

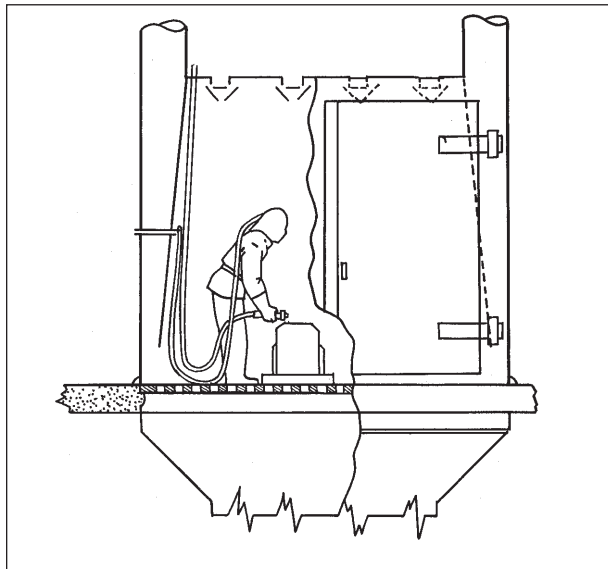


## 2.2

### La chambre de décapage

Lorsque les pièces à décapager sont trop volumineuses pour être traitées à l'intérieur d'une cabine, on doit alors opter pour une chambre de décapage. Comme la cabine, la chambre de décapage doit être conçue de manière à ce que les poussières ne contaminent pas l'environnement des travailleurs qui sont à proximité de la chambre dans un même bâtiment. À cette fin, il est nécessaire :

- que les grandes portes donnent à l'extérieur du bâtiment;
- que si la porte de service donne vers l'intérieur du bâtiment, elle soit étanche à la poussière;
- d'avoir un système d'aspiration des poussières relié à un collecteur de poussières. En plus d'éliminer une bonne partie des poussières, un tel système crée une pression négative à l'intérieur de la chambre.



Chambre de décapage

Lorsqu'une chambre de décapage est munie d'un système de recyclage, le système d'aspiration des poussières produites par le procédé de décapage peut également servir à aspirer les fines poussières du procédé de recyclage.

Dans les chambres de décapage, les opérateurs doivent porter l'équipement de protection individuelle approprié (voir section IV).

## 2.3

### Le décapage à l'extérieur

Dans le cas du décapage à l'extérieur, les situations doivent être considérées cas par cas. Dans les prochaines sections, il sera question des moyens à prendre pour éliminer les risques et se protéger.

## 2.4

### Situations particulières

Dans les cas où le décapage doit se faire dans un espace plus ou moins fermé, en espace clos par exemple, dans le cas du décapage de grosses pièces installées de façon permanente à l'intérieur d'une usine, etc., il faut se référer aux sections qui suivent pour déterminer les mesures de sécurité minimales dans chaque situation.



Section II

# **Risques pour la santé et la sécurité**



## Les risques et leurs sources

Le procédé de décapage au jet comporte plusieurs risques pour la santé et la sécurité, dont les plus abondamment étudiés sont les risques relatifs aux poussières et au bruit. Le tableau suivant dresse la liste des principaux agents agresseurs en précisant leur source.

Agresseur ou groupe d'agresseurs / source	Abrasifs	Pièce, structure	Lieux de travail	Opérations
Silice	x	x		
Olivine naturelle	x			
Olivine synthétique	x			
Autres poussières minérales : carbure de silicium, grenats, silex concassé, billes de verre (silice amorphe), céramique	x	x		
Poussières de métaux ferreux : acier coulé, fil d'acier coupé, billes à roulements, fonte malléable, fonte traitée, fil d'acier inoxydable coupé	x	x		
Poussières de métaux non ferreux : oxyde d'aluminium, plomb, composés du mercure, du zinc ou du cadmium, carbone, manganèse, cuivre, phosphore, soufre, molybdène, vanadium, nickel, chrome, etc.	x	x		
Scories de métaux non ferreux	x			
Scories de charbon	x			
Poussières de nature organique comme les coquilles de noix concassées, la sciure de bois, les épis de maïs séchés et broyés, les écorces de céréales et l'amidon	x	x		
Autres poussières comme les matières plastiques (nylon, etc.)	x	x		
Neige carbonique	x			
Constituants des peintures		x		
Solvants		x		
Bruit				x
Conditions climatiques			x	
Feu et explosion	x	x	x	x
Électricité statique				x
Risques de nature ergonomique				x
Projection de particules				x
Chute			x	



La nature des agresseurs présents est fonction du choix de l'abrasif, du procédé utilisé, des surfaces décapées et des conditions dans lesquelles les travaux sont exécutés; certains agresseurs sont intrinsèques aux opérations. Le risque d'inhalation des poussières d'abrasif varie selon le procédé de travail (sec ou humide), la sorte d'abrasif, la dimension des particules, le nombre de recyclages de l'abrasif et le lieu de travail (à l'extérieur, dans une chambre ou une cabine de décapage). Généralement, le procédé humide dégage moins de poussière que le procédé à sec. Aussi, le travailleur est moins exposé aux poussières si le travail est fait dans une cabine de décapage.

Le choix de l'abrasif est déterminé par chacun des utilisateurs en fonction du type de travail à exécuter et de la nature de la surface à traiter. On doit considérer des paramètres différents selon que l'on travaille à l'extérieur ou à l'intérieur, que l'on veut enlever de la rouille sur de petites pièces ou nettoyer une poutre, etc. De même, il faut tenir compte des possibilités de recyclage et de la rentabilité d'investir dans un système de récupération-recyclage et ce, en fonction du travail à effectuer et du procédé employé. Le plus grand risque inhérent à l'utilisation des abrasifs est relatif à la poussière provenant de l'éclatement des grains d'abrasif. Aussi, plus le nombre de recyclages de l'abrasif est grand, plus les particules d'abrasif sont fines et plus la quantité de poussière produite sera importante.

Le décapage par jet d'abrasif étant un procédé qui engendre beaucoup de poussières, le choix d'un abrasif de substitution n'implique pas pour autant l'abandon des mesures de protection actuellement utilisées dans les environnements de travail. Quoique à différents degrés, les poussières peuvent être nuisibles pour la santé. Nous constatons à ce sujet que la réglementation ne prévoit pas de dispositions différentes selon l'abrasif utilisé, sauf pour ce qui concerne les valeurs d'exposition moyennes pondérées admissibles.

Les caractéristiques de la poussière produite dépendent à la fois de la composition du matériau délogé sous l'action du jet d'abrasif et de l'abrasif lui-même. Le plus souvent, on procède aux travaux de décapage au jet avec de la silice. Lorsqu'il est projeté à grande vitesse, ce corps solide d'une grande dureté produit un nettoyage avec marquage de la surface. Puisqu'il éclate lors de l'impact, il n'est pas recyclable. En raison de ses caractéristiques, la silice, que l'on trouve facilement au Québec, peut être utilisée autant pour les travaux à l'intérieur que pour ceux à l'extérieur. La silice peut aussi provenir de la pièce travaillée comme, par exemple, lors de travaux effectués sur de la pierre (décapage, dépolissage, sculpture ou gravure sur pierre, etc.). La composition des poussières provenant des abrasifs sera fonction des concentrations relatives des différents éléments entrant dans la constitution des abrasifs utilisés. Selon son origine, le sable peut contenir d'autres contaminants; toutefois, c'est sa teneur en silice qui constitue le plus grand risque pour la santé.

L'inhalation prolongée de poussières respirables de **silice libre** mises en suspension dans l'air par ce procédé peut provoquer une affection pulmonaire grave appelée silicose et conduire à une incapacité permanente. La silicose est caractérisée par une fibrose pulmonaire (c'est-à-dire un durcissement des tissus pulmonaires), par des signes généralisés de dégénérescence fibreuse et par l'apparition de nodules dans les poumons. Elle se manifeste par de l'essoufflement à l'effort et une diminution de la capacité pulmonaire. La silicose se développe habituellement lentement et peut entraîner le décès plusieurs années après la fin de l'exposition. La silicose peut se présenter sous les trois formes cliniques suivantes, selon la durée et l'intensité de l'exposition.

## 1.1.1

## La silicose chronique

La durée de l'exposition aux poussières de silice est supérieure à 20 ans et l'intensité, généralement modérée. Souvent, la poussière inhalée contient moins de 30 % de silice libre.

## 1.1.2

## La silicose accélérée

La durée de l'exposition varie de 5 à 15 ans et l'intensité de l'exposition est généralement élevée, la poussière inhalée contenant souvent plus de 30 % de silice libre.

## 1.1.3

## La silicose aiguë

La durée de l'exposition est inférieure à 5 ans et l'intensité de l'exposition est très élevée. Cette forme de silicose est plus rare.

La silicose peut également être classée selon l'aspect de la radiographie pulmonaire. On distingue la silicose simple et la silicose conglomérée ou massive.

L'usage du tabac peut causer une bronchite chronique se manifestant par des symptômes de toux, d'expectorations et d'essoufflement, qui s'ajoutent à ceux de la silicose. Mais le tabagisme, d'après certaines publications, ne semble pas influencer l'apparition ou la progression de la silicose.

Les risques pour la santé associés à l'utilisation de la silice pour le décapage au jet sont reconnus tant en Europe qu'en Amérique du Nord. Le Bureau international du travail déconseille l'utilisation de la silice cristalline comme abrasif pour le décapage au jet.

C'est le *Règlement sur la qualité du milieu de travail* (RQMT S-2.1, r.15) qui fixe les normes d'exposition professionnelle aux poussières. Dans le cas particulier de la silice, les valeurs d'exposition moyennes pondérées admissibles sont fonction de la variété de la silice et de la granulométrie des poussières.

#### **La silice libre (cristobalite, tridymite, quartz)**

La valeur d'exposition moyenne pondérée est de 0,05 mg/m<sup>3</sup> pour la silice cristalline sous forme de cristobalite ou de tridymite et de 0,1 mg/m<sup>3</sup> pour le quartz. Dans tous ces cas, il s'agit des concentrations établies à partir de prélèvements de poussières respirables. La norme fait mention que la silice cristalline sous forme de quartz est probablement cancérigène pour l'humain.

Il y a une norme spécifique pour chacune de ces substances dans le RQMT, que l'on doit appliquer. On doit aussi tenir compte de la concentration des contaminants émis par les opérations de décapage et appliquer les règles établies pour ces agresseurs. S'il n'y a pas de norme spécifique pour un constituant de la poussière dans le RQMT et si la poussière contient moins de 1% de quartz, on utilise alors la norme pour les poussières non classifiées autrement, qui fixe la valeur d'exposition moyenne pondérée à 10 mg/m<sup>3</sup> en poussière totale.



## 2 L'olivine naturelle

Un des produits de remplacement de la silice comme abrasif est l'olivine naturelle. Elle ne produit pas nécessairement le même résultat que la silice. Peu recyclable (quatre fois au plus), l'olivine naturelle est disponible au Québec et peut être utilisée pour les travaux à l'extérieur lorsque le recyclage est impossible ou non rentable.

### 2.1 Les effets sur la santé

L'olivine naturelle représente un risque d'irritation mécanique et, selon sa teneur en silice libre ou en amiante, un risque d'affection pulmonaire. Même si actuellement la CSST n'a pas de données lui permettant de relier directement une maladie à l'exposition à l'olivine naturelle, il faut demeurer prudent car l'établissement d'un tel lien suppose des observations sur une population assez grande, soumise à une exposition assez longue à une intensité assez forte pour avoir des effets dommageables sur la santé.

### 2.2 La réglementation

Il n'y a pas de norme spécifique sur l'exposition aux poussières d'**olivine naturelle** dans le *Règlement sur la qualité du milieu de travail* (RQMT S-2.1, r.15). Il est important d'en vérifier la composition en demandant sa fiche signalétique, car elle peut contenir de la silice libre ou de l'amiante. On doit donc considérer la concentration en silice de la poussière produite par les opérations de décapage et appliquer les règles suivantes : si la poussière contient moins de 1% de quartz, on utilise alors la norme pour les poussières non classifiées autrement, qui fixe la valeur d'exposition moyenne pondérée à 10 mg/m<sup>3</sup> en poussière totale; si elle contient plus de 1% de quartz, on applique la valeur d'exposition admissible de 0,1 mg/m<sup>3</sup>. En présence d'amiante, la norme sur l'amiante – qui fixe la valeur d'exposition moyenne pondérée à 1 f/cm<sup>3</sup> et la valeur d'exposition de courte durée à 5 f/cm<sup>3</sup> pour le chrysotile, l'actinolite, l'anthophyllite et le trémolite – devra aussi s'appliquer. L'utilisation de substances contenant de l'amosite et du crocidolite est interdite. S'il y a exposition simultanée à ces contaminants, les effets sur la santé doivent être considérés comme additifs.



### 3

## L'olivine synthétique

Il s'agit d'un silicate de magnésium analogue à celui se trouvant dans l'olivine naturelle. L'olivine synthétique est obtenue par traitement thermique des résidus des mines d'amiante, qui sont constitués essentiellement de serpentine. On l'emploie lorsque le recyclage est impossible ou non rentable.

### 3.1

#### Les effets sur la santé

Tout comme l'olivine naturelle, l'olivine synthétique comporte un risque d'irritation mécanique. Peu d'études ont été faites jusqu'à présent, mais elles semblent indiquer que l'emploi de cette substance ne risque pas d'engendrer des affections pulmonaires. La prudence est de rigueur, toutefois, étant donné la pauvreté des informations de nature épidémiologique à ce sujet. (Une étude épidémiologique permettant d'établir avec un certain niveau de confiance l'innocuité d'un produit nécessite un suivi auprès d'une population suffisamment grande, qui serait exposée à une dose suffisamment élevée pendant une période dont la longueur serait en rapport avec la période de latence.)

### 3.2

#### La réglementation

Il n'y a pas de norme spécifique sur l'exposition aux poussières d'olivine synthétique dans le *Règlement sur la qualité du milieu de travail* (RQMT S-2.1, r.15). Même si l'abrasif lui-même est réputé ne pas contenir de silice et d'amiante, on doit considérer la concentration de ces contaminants dans la poussière produite et appliquer les règles fixées pour ces agresseurs.

Si la poussière ne contient pas d'amiante et contient moins de 1% de quartz, on utilise alors la norme pour les poussières non classifiées autrement, qui fixe la valeur d'exposition moyenne pondérée à 10 mg/m<sup>3</sup> en poussière totale; si elle contient plus de 1% de quartz, on applique la valeur d'exposition admissible de 0,1 mg/m<sup>3</sup>.



## Les autres poussières minérales

Le **carbure de silicium**, qui a une dureté légèrement plus faible que le diamant, est grandement utilisé comme abrasif artificiel. Il est connu sous le nom commercial de Carborundum.

Par ailleurs, nous savons que des **grenats**, du **silex concassé**, des **billes de verre (silice amorphe)**, du **verre concassé**, des **céramiques** peuvent aussi être utilisés comme abrasifs pour ce genre d'opération. Il s'agit cependant d'abrasifs peu utilisés au Québec.

Des poussières minérales peuvent aussi se dégager lorsque les travaux sont exécutés sur des surfaces comme la pierre ou le verre.

### Les effets sur la santé

Le **carbure de silicium** a longtemps été considéré comme une substance sans effet sur les tissus pulmonaires. Mais des publications rapportent que des risques d'irritation sont liés à son utilisation comme abrasif.


Pour l'utilisation des **grenats**, du **silex concassé**, des **billes de verre (silice amorphe)**, nous conseillons la prudence. Il est important de vérifier la composition du produit en consultant sa fiche signalétique. Certains contiennent de la silice libre ou d'autres matières dangereuses. Les **grenats** peuvent contenir des chromates. On leur associe un potentiel cancérigène quand le chrome y est présent dans sa forme hexavalente.

Le **silex concassé**, lui, est susceptible de contenir des microcristaux de quartz. Aussi est-il important de se référer à la fiche signalétique pour connaître la composition des produits utilisés et à l'analyse de la poussière émise lors des opérations, avant de se prononcer sur les dangers et sur les risques pour la santé des travailleurs. Les **billes de verre et le verre qui ne contient pas de plomb ou d'autres impuretés métalliques** sont, pour leur part, constitués de silice amorphe sous une forme qui ne fait pas l'objet de réglementation; de ce fait, ils ne sont pas considérés comme la cause de problèmes de santé particuliers.

Actuellement, la CSST n'a pas de données permettant de relier directement une maladie à l'un ou l'autre de ces produits de remplacement. Toutefois, la prudence est de rigueur étant donné la pauvreté des informations de nature épidémiologique à ce sujet : une étude épidémiologique permettant d'établir avec un certain niveau de confiance l'innocuité d'un produit nécessite un suivi auprès d'une population suffisamment grande, ayant reçu une dose suffisamment élevée au cours d'une période dont la longueur est en rapport avec la période de latence.

### La réglementation

S'il y a une norme spécifique relative à une de ces substances dans le *Règlement sur la qualité du milieu de travail* (RQMT S-2.1, r.15), on doit appliquer cette norme; on doit aussi tenir compte de la concentration des contaminants dans la poussière produite et appliquer les règles fixées pour ces agresseurs. S'il n'y a pas de norme spécifique pour un constituant de la poussière dans le RQMT et si la poussière contient moins de 1% de quartz, on utilise alors la norme pour les poussières non classifiées autrement, qui fixe la valeur d'exposition moyenne pondérée à 10 mg/m<sup>3</sup> en poussière totale. Si la poussière contient plus de 1% de quartz, on se réfère à la valeur d'exposition admissible de 0,1 mg/m<sup>3</sup>. Une attention particulière devra être portée pour déterminer la présence de quartz lors de l'utilisation de silex



concassé. Dans le cas de la silice amorphe sous une forme qui ne fait pas l'objet de réglementation, lors de l'utilisation de billes de verre ou lors de travaux sur une surface comme le verre, on doit utiliser la norme pour les poussières non classifiées autrement, qui fixe la valeur d'exposition moyenne pondérée à  $10 \text{ mg/m}^3$  en poussière totale, dans la mesure où la poussière ne contient pas d'autres contaminants faisant l'objet d'une norme spécifique.

Pour le **carbure de silicium dans sa forme non fibreuse**, la valeur d'exposition moyenne pondérée est de  $10 \text{ mg/m}^3$  en poussière totale; dans le cas du **carbure de silicium sous forme fibreuse**, on conseille d'utiliser la valeur d'exposition moyenne pondérée de  $1 \text{ f/cm}^3$  et la valeur d'exposition de courte durée de  $5 \text{ f/cm}^3$ .

Dans le cas des **grenats**, il faut d'abord se référer à la fiche signalétique du produit pour en connaître la composition, et identifier les constituants de la poussière émise lors des opérations avant de procéder à une quantification en rapport avec une norme spécifique.



5

## Les poussières de métaux ferreux

L'utilisation de **grenaille de fer** comme abrasif constitue une possibilité à considérer quand il s'agit d'apprécier des moyens pour limiter les risques pour la santé des travailleurs. On trouve au Québec des fournisseurs de grenailles ou de billes d'acier ou de fer utilisables comme abrasif. Ces produits sont recyclables de quinze à cent fois selon leur utilisation. On les emploie principalement en salle de décapage. En milieu humide, les billes ou les grenailles peuvent rouiller. De plus, le nettoyage des surfaces de pièces en métaux ferreux (fer, acier, acier inoxydable) par décapage à l'abrasif peut entraîner des concentrations élevées de poussières métalliques dans l'air.

5.1

### Les effets sur la santé

En général, on remarque que les poussières ont un effet d'irritation mécanique. L'exposition à des doses élevées de **fer** peut conduire au développement de la sidérose chez les travailleurs.

Il est important de vérifier la composition de la poussière produite en consultant, entre autres, la fiche signalétique des produits utilisés. Actuellement, la CSST n'a pas de données lui permettant de relier une maladie à l'un ou l'autre de ces produits de remplacement. Toutefois, la prudence est de rigueur étant donné la pauvreté des informations de nature épidémiologique à ce sujet : une étude épidémiologique permettant d'établir avec un certain niveau de confiance l'innocuité d'un produit nécessite un suivi auprès d'une population suffisamment grande, ayant reçu une dose suffisamment élevée au cours d'une période dont la longueur est en rapport avec la période de latence.

5.2

### La réglementation

S'il y a une norme spécifique pour une de ces substances dans le *Règlement sur la qualité du milieu de travail* (RQMT S-2.1, r.15), on doit appliquer cette norme; on doit aussi tenir compte de la concentration des contaminants dans la poussière produite et appliquer les règles établies pour ces agresseurs. S'il n'y a pas de norme spécifique relative à un constituant de la poussière dans le RQMT et si la poussière contient moins de 1 % de quartz, on utilise alors la norme pour les poussières non classifiées autrement, qui fixe la valeur d'exposition moyenne pondérée à 10 mg/m<sup>3</sup> en poussière totale. En général, l'exposition à la poussière métallique, de façon globale, s'évalue ainsi. Cependant, si la poussière contient plus de 1 % de quartz, on se réfère à la valeur d'exposition admissible de 0,1 mg/m<sup>3</sup>.

Pour les poussières totales de **trioxyde de fer**, la valeur d'exposition moyenne pondérée est fixée à 5 mg/m<sup>3</sup>; pour les poussières non classifiées autrement qui ne contiennent pas d'amiante et dont le pourcentage de silice cristalline est inférieur à 1 %, la valeur d'exposition moyenne pondérée qui s'applique est 10 mg/m<sup>3</sup>.

## Les poussières de métaux non ferreux

L'**oxyde d'aluminium** ou **corindon** est généralement utilisé comme abrasif en cabinet de décapage, pour le décapage de petites pièces. Il est recyclable de quinze à vingt fois environ.

La documentation rapporte aussi que les matières stériles de mines de **plomb** broyées peuvent être utilisées comme abrasif; ce produit comporte quelques dizaines de milliers de parties par million de plomb. Notons que le sol est considéré comme un facteur d'accroissement des doses de plomb chez les enfants à des concentrations de 500 ppm. Les préposés au décapage au jet d'abrasif seraient ainsi soumis à des niveaux d'exposition plus élevés que les travailleurs de l'industrie du plomb, particulièrement lorsque la ventilation des lieux est limitée pour éviter la dispersion du contaminant. Les matériaux à décaper (métaux et alliages) et leur revêtement (peintures, matériau de métallisation) peuvent représenter d'autres sources d'exposition au plomb pour les préposés au décapage au jet d'abrasif.

Remarquons aussi que, comme pour le plomb, le décapage de pièces en métal ou en alliages contenant des **composés du mercure, du zinc ou du cadmium** peut être la cause de surexposition aux poussières de ces métaux. Dans le cas des alliages, la poussière est formée du métal de base et des éléments d'addition. S'il s'agit de fonte, du **carbone** sera présent dans les poussières; s'il s'agit d'acier, les poussières pourront comporter des éléments tels que le **manganèse**, le **cuivre**, le **molybdène**, le **vanadium**, le **soufre**, le **phosphore** et la **silice**. Les pièces en acier inoxydable comportent en outre du **nickel** et du **chrome**. Il est donc nécessaire de tenir compte des différents éléments constituant les poussières métalliques en plus de considérer l'exposition globale à ce type de poussières. Des composés métalliques peuvent aussi être présents sous forme de pigments dans les peintures.

### Les effets sur la santé


Comme les poussières en général, l'**oxyde d'aluminium** peut causer de l'irritation mécanique et risque d'engendrer des affections pulmonaires.

Le **plomb** présent dans les alliages et produits de revêtement pénètre dans l'organisme sous forme de poussières par inhalation. L'intoxication se manifeste d'abord par de l'insomnie, de la fatigue, des douleurs abdominales, des troubles digestifs et de la constipation; dans les cas plus graves, l'intoxication peut avoir des effets sur le sang et se manifester par de l'anémie ayant pour origine une affection de la moelle osseuse, du foie et des poumons, ou par des coliques et une névrite. Des céphalées, la perte d'appétit, une faiblesse, et parfois une vision double, sont les symptômes principaux des effets cérébraux.

Les effets d'une surexposition au **mercure** se manifestent au niveau du système nerveux : ils se traduisent par un tremblement des mains qui peut aller jusqu'à rendre le travailleur incapable d'écrire normalement, par des difficultés de la parole et de la vue, et par une perte de coordination rendant la démarche titubante. La personne peut en venir à souffrir d'anxiété ou d'indécision, ou elle peut faire une dépression. Des lésions rénales peuvent aussi survenir.

Une exposition au zinc sous forme de **poussières d'oxyde de zinc** peut conduire au développement d'une pneumoconiose. Les fumées d'**oxyde de zinc** peuvent avoir des effets variés : fièvre, goût métallique dans la bouche, gorge sèche et irritée, difficultés respiratoires, réduction de la fonction pulmonaire, céphalées, vision brouillée, transpiration, tremblements et crampes musculaires.

D'après certaines études, le **cadmium** est susceptible de provoquer une néphropathie et ce, parfois après une longue période de latence probablement attribuable à la très longue demi-vie de ce métal. Le dysfonctionnement rénal est marqué par une augmentation de la protéinurie et une diminution de la filtration glomérulaire.



L'exposition prolongée peut entraîner de la glycosurie, de l'aminocidurie, de la phosphaturie et de l'hypercalciurie. De plus, selon le niveau et le type d'exposition, le cadmium peut provoquer, de façon très lente, des troubles du système respiratoire caractérisés par des changements obstructifs. Par ailleurs, un certain nombre d'études ont démontré que le cadmium avait un effet néfaste sur le métabolisme calcique, produisant par voie de conséquence de l'ostéoporose et de l'ostéomalacie.

Chez les travailleurs exposés aux oxydes de **manganèse**, on rapporte un accroissement de la morbidité et de la mortalité par pneumonie caractérisée cliniquement par une inflammation alvéolaire aiguë avec une dyspnée importante pour laquelle l'antibiothérapie n'a souvent pas d'effets. Des changements pulmonaires permanents comme la fibrose n'ont pas été observés chez les patients guéris. Plusieurs études indiquent un grand nombre de cas de manifestations psychiatriques et neurologiques après une exposition professionnelle aux oxydes de manganèse. Les symptômes subjectifs initiaux sont de l'asthénie, de l'apathie, une démarche chancelante, la parole lente et incohérente de même que de l'agressivité. À des expositions plus importantes, des symptômes objectifs apparaissent : désordres du langage qui peuvent évoluer jusqu'au mutisme, expression faciale figée, maladresse et incapacité à exécuter certains mouvements des membres inférieurs, et accroissement des réflexes des membres inférieurs. Au dernier stade, les symptômes se résument à des difficultés à marcher dues à l'hypertonie musculaire et à des tremblements des membres supérieurs entraînant des difficultés à écrire. Le cerveau semble l'organe critique puisque l'on ne signale pas généralement de symptômes affectant les autres organes.

Le **cuivre** est reconnu pour provoquer l'irritation ou l'inflammation des yeux et des voies respiratoires, et aussi pour donner une couleur verdâtre aux cheveux, aux dents et aux gencives.

L'inhalation prolongée de **phosphore** cause une nécrose osseuse localisée au niveau des maxillaires, à l'origine d'une salivation abondante, de tuméfaction et suppurations gingivales, de la fistulisation des téguments associée à des symptômes d'allure banale comme l'anorexie, l'asthénie et des douleurs abdominales.

Le **soufre** sous forme d'oxyde est un irritant des muqueuses des voies respiratoires. Une intoxication aiguë par inhalation peut entraîner une bronchite aiguë avec expectorations striées de sang, alors qu'une intoxication chronique se manifeste par des lésions cutanées de type eczéma, une irritation chronique des voies respiratoires ou une pneumoconiose qui se distingue par une accentuation de la trame pulmonaire avec l'apparition de quelques micronodules.

Une étude récente faite sur un groupe de 19 travailleurs ayant été exposés au **molybdène** métallique et au trioxyde de molybdène, à des niveaux de 1 à 19 mg/m<sup>3</sup> pendant 4 à 7 ans, a révélé que 3 travailleurs ont été affectés par une pneumoconiose avec manifestations radiologiques et symptômes subjectifs.

L'inhalation pendant une longue période de poussières respirables de **silice libre** mises en suspension dans l'air par ce procédé peut provoquer une affection pulmonaire grave appelée silicose et conduire à une incapacité permanente. La silicose est définie comme une maladie chronique, caractérisée par une fibrose pulmonaire (c'est-à-dire un durcissement des tissus pulmonaires), par des signes généralisés de dégénérescence fibreuse et par l'apparition de nodules dans les poumons. Elle se manifeste par un essoufflement à l'effort et une diminution de la capacité pulmonaire. La silicose se développe habituellement lentement et peut entraîner le décès plusieurs années après la fin de l'exposition.

Le **vanadium** entre dans la fabrication d'aciers spéciaux. Les effets locaux aigus d'une exposition aux composés du vanadium en suspension incluent une irritation du système respiratoire et des yeux et, occasionnellement, des manifestations dermiques. Les effets légers sont caractérisés par des éternuements, des rhinites, des maux de gorge, une toux persistante sèche ou productive (grasse), des douleurs de poitrine et des conjonctivites. Dans les cas les plus graves, on a observé des bronchospasmes et des bronchites accompagnés d'une respiration bruyante et de dyspnée; ces symptômes sont toutefois réversibles. Une bronchopneumonie peut survenir à la suite d'une exposition à de très grandes concentrations. Il peut arriver que la gravité des effets respiratoires augmente avec une exposition répétée à des concentrations de faible intensité pendant de courtes durées, ce qui est le signe d'une réaction de sensibilisation. Une hypersensibilité au vanadium peut également entraîner de l'eczéma. La langue qui devient verte est un autre signe, résultant d'un dépôt des sels de vanadium, mais qui ne s'observe pas toujours, même à la suite d'une exposition prolongée. Les problèmes respiratoires chroniques, dont la pneumosclérose diffuse, la bronchite chronique et la rhinite chronique, ainsi que la pharyngite ne révèlent pas de manière incontestable une intoxication au vanadium. Les quelques cas de troubles chroniques (pharyngite atrophique) ne permettent pas de conclure qu'il existe un portrait clinique chez l'homme avec de l'emphysème, de l'atélectasie post-pneumonique, des changements bronchopneumoniques atélectasiques ou des entérites.

Le **nickel** entre dans la composition d'aciers spéciaux résistant à la corrosion et à la chaleur. Des études révèlent que l'exposition à des composés du nickel comme l'oxyde de nickel peut causer un cancer du poumon ou des sinus nasaux et accroître le risque de cancer du larynx. Certains composés du nickel ont des effets nocifs variés qui s'ajoutent à leur action carcinogène. Ainsi, l'exposition aux poussières de nickel peut entraîner des pneumoconioses, mais on ne peut dire que

l'exposition concomitante à d'autres substances n'intervient pas dans le processus. Ce métal est aussi reconnu pour avoir un fort effet de sensibilisation de la peau; les dermatites aux mains des travailleurs exposés se manifestent d'abord par des démangeaisons ou un vif érythème papuleux puis, à un stade chronique, par une dermatite papuleuse ou papulo-vésiculaire avec une tendance à la lichenification.

Le **chrome**, dans le cas nous intéressant ici, est un élément qui confère aux alliages d'acier inoxydable et d'acier ordinaire des qualités de résistance aux acides de même qu'aux peintures, des propriétés anticorrosives. Les dérivés hexavalents sont la cause de manifestations toxiques comme : des symptômes cutanés (éruptions érythémateuses ou papulo-vésiculaires, suintantes, purigineuses et surtout localisées aux dos des mains et aux avant-bras, des ulcérations chroniques et une coloration jaunâtre des dents et de la langue); l'irritation des muqueuses (atrophie puis ulcération suivie, le cas échéant, d'une perforation du septum nasal); des allergies respiratoires (asthme bronchique) ou cutanées à la suite d'une sensibilisation; et des cancers bronchiques. Les chromates sont aussi reconnus pour favoriser le cancer des cavités nasales et du larynx. Il est aussi possible, d'après la documentation, que les composés trivalents comme hexavalents causent des pneumoconioses.

Il est important de vérifier la composition de la poussière produite en consultant, entre autres, la fiche signalétique des produits utilisés. Actuellement, la CSST n'a pas de données lui permettant de relier une maladie à l'un ou l'autre de ces produits de remplacement. Toutefois, la prudence est de rigueur étant donné la pauvreté des informations de nature épidémiologique à ce sujet : une étude épidémiologique permettant d'établir avec un certain niveau de confiance l'innocuité du produit nécessite un suivi auprès d'une population suffisamment grande, ayant reçu une dose suffisamment élevée au cours d'une période de latence suffisamment longue.

S'il y a une norme spécifique pour une de ces substances dans le *Règlement sur la qualité du milieu de travail* (RQMT S-2.1, r.15), on doit appliquer cette norme; on doit aussi tenir compte de la concentration des contaminants dans la poussière produite et appliquer les règles établies pour ces agresseurs. S'il n'y a pas de norme spécifique pour un constituant de la poussière dans le RQMT et si la poussière contient moins de 1 % de quartz, on utilise alors la norme pour les poussières non classifiées autrement, qui fixe la valeur d'exposition moyenne pondérée à 10 mg/m<sup>3</sup> en poussière totale. En général, l'exposition à la poussière métallique, de façon globale, s'évalue ainsi. Cependant, si la poussière contient plus de 1 % de quartz, on utilise la valeur d'exposition moyenne pondérée admissible de 0,1 mg/m<sup>3</sup>.

Pour l'**oxyde d'aluminium** comme pour le **corindon** ou l'**aluminium métallique**, la norme actuellement en vigueur fixe à 10 mg/m<sup>3</sup> la valeur d'exposition moyenne pondérée en poussière totale.

Pour les poussières impliquant la présence de **composés inorganiques de plomb**, la valeur d'exposition moyenne pondérée est de 0,15 mg/m<sup>3</sup>.

Pour les **composés arylés** et toutes les formes des **composés inorganiques du mercure**, la valeur d'exposition moyenne pondérée est de 0,1 mg/m<sup>3</sup>. La norme mentionne en outre que le contact de ces substances avec la peau, les yeux et les muqueuses, constitue une contribution potentiellement significative à l'exposition globale.

Pour l'**oxyde de zinc**, la valeur d'exposition moyenne pondérée est de 5 mg/m<sup>3</sup>, alors que la valeur d'exposition de courte durée est de 10 mg/m<sup>3</sup>.

Pour les **poussières métalliques et les sels de cadmium**, la valeur d'exposition moyenne pondérée est de 0,05 mg/m<sup>3</sup>; la norme indique aussi que cette substance est probablement cancérigène chez l'humain.

Pour le **manganèse** et ses composés, la valeur d'exposition moyenne pondérée est de 5 mg/m<sup>3</sup>.

Pour le **cuivre** sous forme de poussière ou de brouillard, la valeur d'exposition moyenne pondérée est de 1 mg/m<sup>3</sup>.

Pour le **phosphore**, la valeur d'exposition moyenne pondérée est de 0,1 mg/m<sup>3</sup>.

Dans le cas des composés insolubles du **molybdène**, la valeur d'exposition moyenne pondérée est de 10 mg/m<sup>3</sup>, alors que pour les composés solubles, elle est de 5 mg/m<sup>3</sup>.

Dans le cas de la **silice**, les valeurs d'exposition moyennes pondérées admissibles sont fonction de la variété de la silice et de la granulométrie des poussières. La valeur d'exposition moyenne pondérée en poussière respirable est de 0,05 mg/m<sup>3</sup> pour la silice cristalline (cristobalite ou tridymite), et de 0,1 mg/m<sup>3</sup> en poussière respirable pour la silice cristalline (silice fondue, quartz ou tripoli). La norme pour la silice cristalline sous forme de quartz mentionne en outre que cette substance est probablement cancérigène pour l'humain.

La valeur d'exposition moyenne pondérée pour les poussières respirables comme les fumées de **vanadium** est fixée à 0,05 mg/m<sup>3</sup>.

Pour le **nickel métallique et ses composés solubles**, la valeur d'exposition moyenne pondérée est de 1 mg/m<sup>3</sup>, alors que pour ses composés insolubles, elle est de 0,1 mg/m<sup>3</sup>.

La valeur d'exposition moyenne pondérée est de 0,05 mg/m<sup>3</sup> pour les composés hydro-insolubles du **chrome VI**; la norme indique aussi qu'on a établi la nature cancérigène de cette substance pour l'humain; pour le **chrome métal**, la valeur d'exposition moyenne pondérée est de 0,5 mg/m<sup>3</sup>.

## Les scories de métaux non ferreux

Les abrasifs à base de scories sont employés pour les travaux à l'extérieur lorsque le recyclage est impossible ou non rentable. Ils contiennent habituellement du **cuivre**, du **plomb** ou de l'**arsenic**. Il existe des fournisseurs de ces produits de remplacement au Québec. Les scories de métaux non ferreux de première transformation ont une composition assez semblable d'un lot à un autre, mais ce n'est pas le cas pour celles de seconde transformation. Cela pose un problème particulier et il y a donc intérêt à choisir des abrasifs à base de scories de première transformation.

### Les effets sur la santé

En général, on observe que toutes les poussières peuvent engendrer une irritation mécanique des yeux et du système respiratoire. Quant à la toxicité des scories, elle n'est pas encore définie. Cependant, d'après les données les plus récentes, leur utilisation comporte un risque plus élevé que celle des autres produits de substitution. Toutes les scories étudiées, qu'il s'agisse des scories de **nickel** ou de **cuivre**, contiennent des agents cancérigènes ou suspectés de l'être. Les scories métalliques ont, en outre, des effets sur la santé dus à la présence des métaux qu'ils contiennent.

Les études consultées ont été faites sur des animaux. Celle sur la **scorie de nickel** indique que l'exposition à ce type de substance peut être à l'origine de bronchites et de trachéites, ou peut créer des foyers alvéolaires (agrégats variables de macrophages) mais pas des tumeurs pulmonaires. Cela signifie que le système pulmonaire réagit à la présence d'un corps étranger.

Quant à la **scorie de cuivre**, les études nous apprennent qu'elle peut contenir (en tant qu'impureté) une certaine quantité d'**arsenic**. Elle est cancérigène et faiblement fibrogène. L'exposition au **cuivre** peut causer l'inflammation des yeux et des voies respiratoires ainsi que donner une teinte verdâtre aux cheveux, aux dents et aux gencives; l'exposition au **plomb** risque de causer des douleurs abdominales, des coliques et des troubles digestifs; et l'exposition à l'**arsenic** peut provoquer le cancer.

Il est important de vérifier la composition de la poussière produite en consultant, entre autres, la fiche signalétique des produits utilisés ou des matériaux travaillés. Actuellement, la CSST n'a pas de données lui permettant de relier une maladie à l'un ou l'autre de ces produits de remplacement. Toutefois, la prudence est de rigueur étant donné la pauvreté des informations de nature épidémiologique à ce sujet : une étude épidémiologique permettant d'établir avec un certain niveau de confiance l'innocuité d'un produit nécessite un suivi auprès d'une population suffisamment grande, ayant reçu une dose suffisamment élevée au cours d'une période de latence suffisamment longue.



S'il y a une norme spécifique pour une de ces substances dans le *Règlement sur la qualité du milieu de travail* (RQMT S-2.1, r.15), on doit appliquer cette norme; on doit aussi tenir compte de la concentration de ces contaminants dans la poussière produite et appliquer les règles établies pour ces agresseurs. S'il n'y a pas de norme spécifique relative à un constituant de la poussière dans le RQMT et si la poussière contient moins de 1 % de quartz, on utilise alors la norme pour les poussières non classifiées autrement, qui fixe la valeur d'exposition moyenne pondérée à 10 mg/m<sup>3</sup> en poussière totale. En général, l'exposition à la poussière métallique, de façon globale, s'évalue ainsi. Cependant, si la poussière contient plus de 1 % de quartz, on se réfère aux valeurs d'exposition moyennes pondérées définies en fonction de la variété de la silice (silice libre : cristobalite, tridymite, quartz, silice fondue et tripoli; ou silice amorphe) et de la granulométrie de la poussière (totale ou respirable).

Pour le **nickel métallique et ses composés** insolubles, la valeur d'exposition moyenne pondérée est de 1 mg/m<sup>3</sup>, alors que pour les composés solubles, elle est de 0,1 mg/m<sup>3</sup>.

Pour le **cuivre** sous forme de poussière ou de brouillard, la valeur d'exposition moyenne pondérée est de 1 mg/m<sup>3</sup>.

Pour les poussières comportant des **composés inorganiques de plomb** sous forme de poussières, la valeur d'exposition moyenne pondérée est de 0,15 mg/m<sup>3</sup>.

Pour l'**arsenic et ses composés solubles**, la valeur d'exposition moyenne pondérée est de 0,2 mg/m<sup>3</sup>.

## Les scories de charbon

Les **scories de charbon**, quoique contenant peu de silice cristalline, doivent être traitées de la même manière que celle-ci. Selon les analyses des fabricants, les abrasifs à base de scories de charbon peuvent avoir des teneurs variées en aluminium, titane, fer, silice, calcium, magnésium, potassium, sodium, soufre, phosphore, strontium, baryum et manganèse. Elles peuvent aussi contenir, à l'état de trace, des huiles et des graisses, des chlorures, des carbonates, des sulfates, des fluorures, de l'arsenic, du cadmium, du plomb, du béryllium, de la silice libre, du cobalt et du radium. Il existe au Québec des fournisseurs pour ces produits de remplacement. Tout comme l'olivine est très utilisée à l'intérieur, les scories sont employées pour les travaux à l'extérieur lorsque le recyclage est impossible ou non rentable.

### Les effets sur la santé

Certaines études faites sur des animaux ont révélé que l'utilisation de **scories de charbon** comme abrasif de substitution de la silice dans le procédé de décapage au jet risquait de provoquer la fibrose pulmonaire. D'autres études montrent que la scorie de charbon peut induire une fibrose ou des granulomes chez les rats, mais qu'elle n'est pas mutagène. Par ailleurs, une étude consultée indique que les travailleurs sont adéquatement protégés avec une cagoule à adduction d'air. Comme les autres scories étudiées, celles de charbon contiennent des agents qui, en plus d'engendrer une irritation mécanique et des affections pulmonaires, sont cancérigènes ou soupçonnés de l'être.

Comme les poussières en général, l'**oxyde d'aluminium** peut causer une irritation mécanique et des affections pulmonaires.


Le **titane** représente un faible risque pour la santé du fait que les poussières de titane ou d'oxyde de titane sont considérées comme biologiquement inertes. Cependant, l'exposition aux composés de ce métal (carbure, hydroxyde, nitrure et borure de titane) peut provoquer une fibrose pulmonaire bénigne.

En général, on observe que les poussières ont un effet d'irritation mécanique. L'exposition à des doses élevées d'**oxyde de fer** peut conduire au développement de la sidérose chez les travailleurs.

L'inhalation prolongée de poussières respirables de **silice libre** mises en suspension dans l'air par ce procédé peut provoquer une affection pulmonaire grave appelée silicose et conduire à une incapacité permanente. La silicose est définie comme une maladie chronique, caractérisée par une fibrose pulmonaire (c'est-à-dire un durcissement des tissus pulmonaires), par des signes généralisés de dégénérescence fibreuse et par l'apparition de nodules dans les poumons. Elle se manifeste par un essoufflement à l'effort et une diminution de la capacité pulmonaire. La silicose se développe habituellement lentement et peut entraîner le décès plusieurs années après la fin de l'exposition.

Les effets toxiques principaux du **magnésium** contenu dans les alliages se manifestent par la fièvre des fondeurs, qui résulte de l'exposition à l'oxyde de magnésium, et par une irritation des muqueuses causant de la conjonctivite et un cathare nasal; au contact d'une plaie, le magnésium peut provoquer une gangrène gazeuse en raison de sa capacité à rendre libre l'hydrogène contenu dans les liquides intracellulaires.

Le **soufre** est un irritant des muqueuses des voies respiratoires. Une intoxication sévère par inhalation peut entraîner une bronchite aiguë avec expectorations striées de sang, alors qu'une intoxication chronique se manifeste par des lésions cutanées de type eczéma, une irritation chronique des voies respiratoires ou une pneumoconiose qui se distingue par une accentuation de la trame pulmonaire avec quelques micronodules.



L'inhalation prolongée du **phosphore** cause une nécrose osseuse localisée au niveau des maxillaires avec salivation abondante, tuméfaction et suppurations gingivales, fistulisation des téguments accompagnée des symptômes d'allure banale que sont l'anorexie, l'asthénie et les douleurs abdominales.

Le **baryum** est employé comme durcisseur dans l'acier ou comme pigment dans les peintures. Les intoxications professionnelles par les sels solubles de baryum sont pratiquement inconnues; cependant, l'inhalation de poussières de sulfate de baryum peut causer une pneumoconiose bénigne caractérisée radiographiquement par la présence dense et discrète de nodules, sans toutefois que la fonction pulmonaire soit affectée.

Des publications rapportent que, chez les travailleurs exposés aux oxydes de **manganèse**, on observe un accroissement de la morbidité et de la mortalité par pneumonie caractérisée cliniquement par une inflammation alvéolaire aiguë avec une dyspnée importante pour laquelle l'antibiothérapie n'a souvent pas d'effets. Des changements pulmonaires permanents comme la fibrose n'ont pas été observés chez les patients guéris. Plusieurs études indiquent un grand nombre de cas de manifestations psychiatriques et neurologiques après une exposition professionnelle aux oxydes de manganèse. Les symptômes subjectifs initiaux sont de l'asthénie, de l'apathie, une démarche chancelante, la parole lente et incohérente de même que de l'agressivité. À des expositions plus importantes, des symptômes objectifs apparaissent : désordres du langage qui peuvent évoluer jusqu'au mutisme, expression faciale figée, maladresse et incapacité d'exécuter certains mouvements, et accroissement des réflexes des membres inférieurs. Au dernier stade, les symptômes se résument à des difficultés à marcher dues à l'hypertonie musculaire et à des tremblements des membres supérieurs entraînant des difficultés à écrire. Le cerveau semble l'organe critique puisque l'on ne signale généralement pas de symptômes affectant les autres organes.

Quand il s'agit de sélectionner un produit, nous conseillons la prudence. Il est important d'en vérifier la composition à l'aide de sa fiche signalétique. Certains contiennent de la silice libre ou d'autres matières dangereuses. De plus, il n'y a pas d'étude de toxicité sur tous les produits. Actuellement, la CSST n'a pas de données lui permettant de relier une maladie à l'un ou l'autre des produits de remplacement. Il convient donc de rester vigilant. En effet, l'apparition d'une maladie suppose une exposition pendant une période assez longue à un niveau suffisamment élevé pour avoir un effet dommageable sur la santé.

S'il y a une norme spécifique pour une de ces substances dans le *Règlement sur la qualité du milieu de travail* (RQMT S-2.1, r.15), on doit appliquer cette norme; on doit aussi tenir compte de la concentration des contaminants dans la poussière produite et appliquer les règles établies pour ces agresseurs. S'il n'y a pas de norme spécifique relative à un constituant de la poussière dans le RQMT et si la poussière contient moins de 1% de quartz, on utilise alors la norme pour les poussières non classifiées autrement, qui fixe la valeur d'exposition moyenne pondérée à 10 mg/m<sup>3</sup> en poussière totale. En général, l'exposition à la poussière métallique, de façon globale, s'évalue ainsi. Cependant, si elle contient plus de 1% de quartz, on se réfère aux valeurs d'exposition moyennes pondérées définies en fonction de la variété de la silice (silice libre : cristobalite, tridymite, quartz, silice fondue et tripoli; ou silice amorphe) et de la granulométrie de la poussière (totale ou respirable).

Pour l'**oxyde d'aluminium** comme pour le **corindon** ou l'**aluminium métallique**, la norme actuellement en vigueur fixe à 10 mg/m<sup>3</sup> la valeur d'exposition moyenne pondérée en poussière totale.

Dans le cas du **titane**, sous forme de bioxyde, la norme actuellement en vigueur établit à 10 mg/m<sup>3</sup> la valeur d'exposition moyenne pondérée en poussière totale, en l'absence d'amiante et pour un pourcentage de silice cristalline inférieur à 1%.

Pour la poussière totale de **trioxyde de fer**, la valeur d'exposition moyenne pondérée est de 5 mg/m<sup>3</sup>.

Dans le cas de la **silice**, les valeurs d'exposition moyennes pondérées admissibles sont fonction de la variété de la silice et de la granulométrie de la poussière. La valeur d'exposition moyenne pondérée est de 0,05 mg/m<sup>3</sup> en poussière respirable pour la silice cristalline sous forme de cristobalite ou de tridymite, et de 0,1 mg/m<sup>3</sup> en poussière respirable pour la silice cristalline sous forme de silice fondue, de quartz ou de tripoli. La norme pour la silice cristalline sous forme de quartz mentionne en outre que cette substance est probablement cancérigène pour l'humain.

La valeur d'exposition moyenne pondérée pour le **calcium**, sous les formes de carbonate, silicate et sulfate est de 10 mg/m<sup>3</sup> en poussière totale, en l'absence d'amiante et pour un pourcentage de silice cristalline inférieur à 1% ou, dans le cas du sulfate de calcium, de 5 mg/m<sup>3</sup> en poussière respirable. Sous forme d'hydroxyde, la valeur d'exposition moyenne pondérée est de 10 mg/m<sup>3</sup>, alors que sous forme d'oxyde, elle est de 5 mg/m<sup>3</sup>.

Dans le cas de l'oxyde de **magnésium**, la valeur d'exposition moyenne pondérée est fixée à 10 mg/m<sup>3</sup>.

La valeur d'exposition moyenne pondérée pour le bioxyde de **soufre** est de 5,2 mg/m<sup>3</sup> ou 2 ppm, alors que la valeur d'exposition de courte durée est de 13 mg/m<sup>3</sup> ou 5 ppm.

Pour le **phosphore**, la valeur d'exposition moyenne pondérée est de 0,1 mg/m<sup>3</sup>.

Dans le cas du **baryum** sous forme de sulfate, la valeur d'exposition moyenne pondérée est fixée à 10 mg/m<sup>3</sup> en poussière totale, en l'absence d'amiante et pour un pourcentage de silice cristalline inférieur à 1%, ou à 5 mg/m<sup>3</sup> en poussière respirable. Pour les composés solubles, la valeur d'exposition moyenne pondérée est de 0,5 mg/m<sup>3</sup>.

La valeur d'exposition moyenne pondérée pour la poussière de **manganèse** ou de ses composés est de 5 mg/m<sup>3</sup>.

## Les poussières d'origine végétale

De la **sciure de bois**, des **coquilles de noix concassées**, des **épis de maïs séchés et broyés**, des **écorces de céréales** ou de l'**amidon** peuvent être utilisés pour travailler sur des surfaces délicates. On trouve au Québec des fournisseurs offrant ces produits de remplacement. Les poussières de bois peuvent aussi provenir des pièces travaillées.

## 9.1

### Les effets sur la santé

Lors de travaux avec la sciure de bois, il convient de porter attention à l'essence de bois d'origine. En effet, certaines poussières de bois peuvent causer des réactions allergènes comme des crises d'asthme, des rhinites, des dermatites de contact, de l'urticaire et des conjonctivites. Aussi, une exposition prolongée peut entraîner le développement d'une fibrose pulmonaire interstitielle. Certains bois sont aussi reconnus pour engendrer des cancers nasopharyngiens.

Les substances organiques comme les **épis de maïs séchés ou broyés** ou les **coquilles de noix concassées** sont susceptibles de causer des irritations des yeux et des voies respiratoires, des affections pulmonaires et de l'asthme.

Quant aux effets de l'**amidon**, ils résultent du contact avec les yeux ou la peau et se manifestent par de l'irritation. Par exemple, on rapporte des cas d'urticaire consécutif à une sensibilisation cutanée chez des personnes portant des gants de type chirurgical, avec lesquels est utilisée une poudre composée en grande partie de dérivés d'amidon.

Lorsqu'il est question d'utiliser un nouveau produit, nous conseillons la prudence. Il est important d'en vérifier la composition sur sa fiche signalétique. Certains contiennent de la silice libre ou d'autres matières dangereuses. De plus, il n'y a pas d'étude de toxicité sur tous les produits.

Actuellement, la CSST n'a pas de données lui permettant de relier une maladie à l'un ou l'autre des produits de remplacement. La prudence s'impose, toutefois, face à cette situation. En effet, l'apparition d'une maladie suppose une exposition pendant une période suffisamment longue et à une intensité d'exposition suffisamment forte pour produire un effet sur la santé.

## 9.2

### La réglementation

Pour la **poussière de bois de cèdre rouge**, la valeur d'exposition moyenne pondérée est de  $2,5 \text{ mg/m}^3$ , alors que pour la **poussière de bois dur et mou** en général (à l'exception du cèdre rouge), elle est de  $5 \text{ mg/m}^3$ . Dans le cas de la poussière de grain, cette valeur d'exposition moyenne pondérée est de  $4 \text{ mg/m}^3$ . Enfin, la valeur d'exposition moyenne pondérée pour l'amidon est de  $10 \text{ mg/m}^3$ .

S'il y a une norme spécifique pour une de ces substances dans le *Règlement sur la qualité du milieu de travail* (RQMT S-2.1, r.15), on doit appliquer cette norme; on doit aussi tenir compte de la concentration de ces contaminants dans la poussière produite et appliquer les règles établies pour ces agresseurs. S'il n'y a pas de norme spécifique relative à un constituant de la poussière dans le RQMT et si la poussière contient moins de 1% de quartz, on utilise alors la norme pour les poussières non classifiées autrement, qui fixe la valeur d'exposition moyenne pondérée à  $10 \text{ mg/m}^3$  en poussière totale. Si la poussière contient plus de 1% de quartz, on se réfère aux valeurs d'exposition moyennes pondérées définies en fonction de la variété de la silice (silice libre : cristobalite, tridymite, quartz, silice fondue et tripoli; ou silice amorphe) et de la granulométrie de la poussière (totale ou respirable).



## 10 Les plastiques

Dans certaines circonstances, on peut être amené à utiliser des morceaux de fils de plastique coupés comme abrasif ou à travailler sur des surfaces en matière plastique.

### 10.1 Les effets sur la santé

Le risque d'affection pulmonaire serait faible en présence de **matières plastiques**. En fonction de l'âge du matériau, de son état de dégradation, de ce que la température de décomposition est atteinte ou non lors de la projection, on observe des effets variables avec la composition du polymère et la dimension des particules produites. Quand il s'agit de choisir un nouveau produit, toutefois, nous conseillons la prudence. Il est important d'en vérifier la composition en demandant sa fiche signalétique. Actuellement, la CSST n'a pas de données lui permettant de relier une maladie à l'un ou l'autre des produits de remplacement. Devant cette incertitude, cependant, la prudence s'impose. En effet, l'apparition d'une maladie suppose une exposition pendant une période assez longue, à une intensité suffisamment forte pour produire un effet sur la santé.

### 10.2 La réglementation

S'il y a une norme spécifique pour une de ces substances dans le *Règlement sur la qualité du milieu de travail* (RQMT S-2.1, r.15), on doit appliquer cette norme, pour le polymère, les monomères et les produits de décomposition; on doit aussi tenir compte de la concentration de ces contaminants dans la poussière produite et appliquer les règles établies pour ces agresseurs.

S'il n'y a pas de norme spécifique relative à la substance dans le RQMT, et si la poussière contient moins de 1% de quartz, on doit appliquer la norme pour les poussières non classifiées autrement, qui fixe la valeur d'exposition moyenne pondérée à 10 mg/m<sup>3</sup> (poussière totale).



## 11 La neige carbonique

Pour effectuer certains travaux, l'utilisation de la **neige carbonique** (glace sèche) comme abrasif peut constituer un choix privilégié. Par exemple, l'utilisation de granules de **neige carbonique** peut être intéressante pour le nettoyage de bacs à peinture puisque le gel des surfaces rend le matériau plus cassant.

### 11.1 Les effets sur la santé

Le risque d'affection pulmonaire découlant de l'exposition aux granules de bioxyde de carbone (gaz carbonique) serait limité d'après les études les plus récentes. Cependant, les expositions à la **neige carbonique** peuvent entraîner des gelures cutanées par contact. L'exposition à l'anhydride carbonique peut aussi causer un léger effet narcotique si la concentration dans l'air est de 3 %, une stimulation du centre respiratoire si elle est de 5 % et l'asphyxie simple à partir de 7 à 10 %. Les effets chroniques sont possibles; à partir de 1,2 % on peut avoir de l'acidose et une modification du métabolisme.

Quand il s'agit d'utiliser un nouveau produit, toutefois, nous conseillons la prudence. Il est important d'en vérifier la composition en demandant sa fiche signalétique. Actuellement, la CSST n'a pas de données lui permettant de relier une maladie à l'un ou l'autre des produits de remplacement. Devant cette incertitude, la prudence s'impose. En effet, l'apparition d'une maladie suppose une exposition pendant une période suffisamment longue à une intensité d'exposition assez forte pour avoir des effets sur la santé.

### 11.2 La réglementation

Le *Règlement sur la qualité du milieu de travail* (RQMT S-2.1, r.15) indique que, pour le **dioxyde de carbone** (anhydride carbonique), la valeur d'exposition moyenne pondérée admissible est de 5 000 ppm ou 9 000 mg/m<sup>3</sup>, la valeur d'exposition de courte durée est de 30 000 ppm ou 54 000 mg/m<sup>3</sup>.

## Les constituants des peintures

Le composant de base de la peinture, appelé liant (*binder*), est une résine ou polymère; lorsqu'on enlève par décapage au jet d'abrasif cette couche de liant séchée sur une surface, cela produit une **poussière** formée de ses constituants.

Les revêtements ou peintures contiennent différents pigments dont certains constituent la matière de charge; il s'agit habituellement de **carbonate de calcium** ou d'autres matières inertes. Parfois, pour jouer ce rôle, on utilise de la **silice amorphe** ou de la **silice cristalline**. D'autres pigments ont pour fonction de conférer certaines propriétés à la peinture ou au revêtement. Ainsi, dans les apprêts ou peintures anticorrosives, on peut retrouver du **trioxyde de fer** ou des composés du **chrome hexavalent** comme le **chromate de plomb**, le **chromate de zinc** ou le **chromate de strontium**. On peut aussi retrouver des pigments à base de baryum (**composés du baryum**). De plus, nous savons que les peintures anti-parasitaires (*antifouling paints*) peuvent contenir du **cuivre** et de l'oxyde de **tributylétain**. Enfin, d'autres pigments, habituellement de nature organique, sont utilisés comme colorants. Dans le cas de la peinture de couleur blanche, des pigments de **bioxyde de titane** sont normalement utilisés.

Rappelons enfin que les peintures anciennes peuvent contenir des pigments prenant la forme de composés très toxiques, comme les **composés du plomb, du mercure, de l'arsenic, du zinc ou du cadmium**, susceptibles d'engendrer de graves intoxications.

Les peintures comportent aussi des adjuvants; ce sont des additifs ajoutés en petites quantités pour donner des caractéristiques intéressantes à la peinture, comme une grande rapidité de séchage et la capacité de former une couche plus résistante (grâce aux isocyanates, par exemple). L'enlèvement des peintures présente peu de dangers à cet égard puisque tous ces composés ont déjà réagi lors du séchage.

Par contre, dans certains cas particuliers, pour des bateaux, des réservoirs d'eau potable ou des conduits de pipeline, les peintures utilisées peuvent être des peintures époxy au brai de goudron de houille (*coal tar epoxy*). Les travaux de décapage au jet d'abrasif sur un tel revêtement entraînent le dégagement d'**hydrocarbures polycycliques aromatiques** (HPA).

Il convient de mentionner aussi que dans le cas de l'utilisation des peintures enrichies au zinc, l'ajout de l'additif se fait lors de la préparation ou lors de l'application.


### 12.1

## Les effets sur la santé

Les **poussières** comme celles du **carbonate de calcium** sont susceptibles de causer l'irritation des yeux, des voies respiratoires et de la peau.

Quant à la **silice amorphe**, elle peut contenir des quantités variables de silice cristalline; on doit se référer à la fiche donnant sa composition pour connaître la teneur en silice libre. L'inhalation prolongée de poussières respirables de **silice cristalline** peut provoquer une affection pulmonaire grave appelée silicose et conduire à une incapacité permanente. La silicose est définie comme une maladie chronique, caractérisée par une fibrose pulmonaire (c'est-à-dire un durcissement des tissus pulmonaires), par des signes généralisés de dégénérescence fibreuse et par l'apparition de nodules dans les poumons. Elle se manifeste par un essoufflement à l'effort et une diminution de la capacité pulmonaire. La silicose se développe d'ordinaire lentement et peut entraîner le décès plusieurs années après la fin de l'exposition. La silicose peut se présenter sous trois formes cliniques, selon la durée et l'intensité de l'exposition : la silicose chronique, la silicose accélérée et la silicose aiguë.





L'exposition au **trioxyde de fer** peut causer la sidérose si l'intensité et la durée de l'exposition sont suffisamment élevées.

Le **chromate de zinc** peut causer des inflammations chroniques de la peau et des muqueuses, des ulcérations et perforations de la cloison nasale, et des laryngites. Comme pour le **chromate de plomb**, les publications font état du caractère probablement cancérigène du **chromate de zinc** et du **chromate de strontium**.

Les **composés solubles du baryum** peuvent entraîner l'irritation et la corrosion de la peau, des yeux, des voies respiratoires et des voies digestives, du fait que le baryum réagit avec l'eau ou l'humidité pour former de l'hydroxyde de baryum.

On admet que le **cuivre** est susceptible de provoquer l'irritation et l'inflammation des yeux et des voies respiratoires, en même temps que de donner une teinte verdâtre aux cheveux, aux dents et aux gencives.

L'**oxyde de tributylétain** est une substance reconnue comme ayant la capacité de causer l'irritation des yeux et des muqueuses, ainsi que des difficultés respiratoires et des dermites.

Le **bioxyde de titane** est connu pour ses effets chroniques, qui se manifestent par des irritations pulmonaires et un risque de fibrose pulmonaire.

Les **hydrocarbures polycycliques aromatiques** sont des cancérigènes pulmonaires prouvés.

Les composés utilisés comme pigments dans les peintures anciennes (**composés du plomb, du mercure, du zinc ou du cadmium**) risquent de causer des intoxications graves. Le **plomb inorganique** tel qu'on le retrouve dans les métaux, alliages et produits de revêtement pénètre dans l'organisme sous forme de poussières par inhalation. L'intoxication se manifeste d'abord par de l'insomnie, de la fatigue, des douleurs abdominales, des troubles digestifs et de la constipation; dans les cas d'intoxication plus grave, les effets se font sentir sur le sang et se manifestent par de l'anémie, qui a pour origine une affection de la moëlle osseuse, du foie et des poumons, par des coliques et une névrite. Des céphalées, la perte d'appétit, des faiblesses, et parfois une vision double, sont le signe des effets cérébraux.

Les effets d'une surexposition au **mercure** se manifestent au niveau du système nerveux : ils se traduisent par un tremblement des mains qui peut aller jusqu'à rendre le travailleur incapable d'écrire normalement, par des difficultés de la parole et de la vue, et par une perte de coordination rendant la démarche titubante. La personne peut en venir à souffrir d'anxiété ou d'indécision, ou elle peut faire une dépression. Des lésions rénales peuvent aussi survenir.

Une exposition au zinc sous forme de **poussière d'oxyde de zinc** peut conduire au développement d'une pneumoconiose. L'**oxyde de zinc** peut avoir des effets variés : fièvre, goût métallique dans la bouche, gorge sèche et irritée, difficultés respiratoires, réduction de la fonction pulmonaire, céphalées, vision brouillée, transpiration, tremblements et crampes musculaires.

D'après certaines études, le **cadmium** est susceptible de provoquer une néphropathie et ce, parfois après une longue période de latence probablement attribuable à la très longue demi-vie de ce métal. Le dysfonctionnement rénal est marqué par une augmentation de la protéinurie et une diminution de la filtration glomérulaire. L'exposition prolongée peut entraîner de la glycosurie, de l'aminocidurie, de la phosphaturie et de l'hypercalciurie. De plus, selon le niveau et le type d'exposition, le cadmium peut provoquer, de façon très lente, une affection du système respiratoire caractérisée par des changements obstructifs. Par ailleurs, un certain nombre d'études ont démontré que le cadmium avait un effet néfaste sur le métabolisme calcique produisant, par voie de conséquence, de l'ostéoporose et de l'ostéomalacie.

## 12.2 La réglementation

S'il n'y a pas de norme spécifique pour la substance dans le *Règlement sur la qualité du milieu de travail* (RQMT S-2.1, r.15), comme dans le cas de la **poussière** provenant de la matière de base servant de liant pour la peinture, et si la poussière contient moins de 1 % de quartz, on doit appliquer la norme pour les poussières non classifiées autrement, qui fixe la valeur d'exposition moyenne pondérée à 10 mg/m<sup>3</sup> (poussière totale).

La norme pour le **carbonate de calcium** correspond à celle des poussières non classifiées autrement ne contenant pas d'amiante et dont le pourcentage de silice cristalline est inférieur à 1%, qui fixe la valeur d'exposition moyenne pondérée à 10 mg/m<sup>3</sup> (poussière totale).

La valeur d'exposition moyenne pondérée est de 0,05 mg/m<sup>3</sup> pour la **silice cristalline** sous forme de cristobalite ou de tridymite, et de 0,1 mg/m<sup>3</sup> pour la **silice cristalline** sous forme de silice fondue, de quartz ou de tripoli. Dans tous ces cas, il s'agit des concentrations en poussière respirable. La norme pour la **silice cristalline** sous forme de quartz mentionne en outre que cette substance est prouvée cancérigène pour l'humain.


Dans le cas de la **silice amorphe** sous une forme qui ne fait pas l'objet de réglementation, on doit utiliser la norme pour les poussières non classifiées autrement, qui correspond à une valeur d'exposition moyenne pondérée de 10 mg/m<sup>3</sup> en poussière totale, si la poussière ne contient pas d'autres contaminants pour lesquels existe une norme spécifique.

La valeur d'exposition moyenne pondérée admissible pour le **trioxyde de fer** sous forme de poussière est de 5 mg/m<sup>3</sup>.

Dans le cas du **chromate de plomb**, la norme fixe la valeur d'exposition moyenne pondérée à 0,012 mg/m<sup>3</sup>; elle indique aussi que cette substance est considérée comme un cancérigène prouvé pour l'humain.

Par ailleurs, pour le **chromate de zinc**, la valeur d'exposition moyenne pondérée admissible est de 0,01 mg/m<sup>3</sup>; la norme indique aussi qu'on considère que cette substance est un cancérigène prouvé pour l'humain.

Pour les autres **chromates** tels que le **chromate de strontium**, la valeur d'exposition moyenne pondérée admissible est de 0,05 mg/m<sup>3</sup> dans le cas des composés hydro-insolubles du chrome VI; la norme indique aussi que cette substance est considérée comme un cancérigène prouvé pour l'humain.



Dans le cas du **baryum**, la valeur d'exposition moyenne pondérée pour le sulfate de baryum est de 10 mg/m<sup>3</sup> en poussière totale ne contenant pas d'amiante et dont le pourcentage de silice cristalline est inférieur à 1 %, ou de 5 mg/m<sup>3</sup> en poussière respirable. La valeur d'exposition moyenne pondérée pour les composés solubles est de 0,5 mg/m<sup>3</sup>.

Pour le **cuivre** sous forme de poussière ou de brouillard, la valeur d'exposition moyenne pondérée est de 1 mg/m<sup>3</sup>.

La norme pour l'**oxyde de tributylétain** correspond à celle de la poussière non classifiée autrement ne contenant pas d'amiante et dont le pourcentage de silice cristalline est inférieur à 1 %, qui fixe la valeur d'exposition moyenne pondérée admissible à 10 mg/m<sup>3</sup> (poussière totale).

Pour le **titane**, sous forme de **bioxyde**, la norme actuellement en vigueur fixe à 10 mg/m<sup>3</sup> la valeur d'exposition moyenne pondérée en poussière totale ne contenant pas d'amiante et contenant moins de 1 % de silice cristalline.

Pour les **hydrocarbures polycycliques aromatiques**, on se réfère à la norme du brai de goudron de houille volatil (fraction soluble dans le benzène), qui fixe la valeur d'exposition moyenne pondérée à 0,2 mg/m<sup>3</sup>. Mentionnons que la norme signale que ces substances sont des cancérigènes prouvés pour l'humain.

Dans le cas des substances contenant des **composés inorganiques du plomb** sous forme de poussière, la valeur d'exposition moyenne pondérée est de 0,15 mg/m<sup>3</sup>.

Pour les **composés arylés** et toutes les formes des **composés inorganiques du mercure**, la valeur d'exposition moyenne pondérée est de 0,1 mg/m<sup>3</sup>. La norme mentionne en outre que le contact de ces substances avec la peau, les yeux et les muqueuses, peut avoir des effets susceptibles de représenter une partie importante de l'ensemble des effets résultant de l'exposition globale.

Pour l'**oxyde de zinc**, la valeur d'exposition moyenne pondérée est de 5 mg/m<sup>3</sup>, alors que la valeur d'exposition de courte durée est de 10 mg/m<sup>3</sup>.

Dans le cas des poussières de **cadmium métallique** et des **sels de cadmium**, la valeur d'exposition moyenne pondérée est de 0,05 mg/m<sup>3</sup>; la norme indique aussi que cette substance est probablement cancérigène pour l'humain.

## 13 Les solvants

On n'utilise pas les solvants pour le décapage au jet d'abrasif proprement dit, mais l'opérateur peut être amené à se servir de tels produits pour nettoyer la pièce avant de procéder au décapage; dans le cas de surfaces graisseuses, un solvant comme le **trichloro-1,1,1 éthane**, le **trichloréthylène** ou un mélange impliquant des produits comme l'**acétone**, le **méthyléthylcétone**, le **méthylisobutylcétone**, le **solvant stoddard**, le **toluène** ou le **xylène** peut être utilisé. L'utilisation ou l'entreposage inadéquat de ces produits chimiques peut entraîner une surexposition par inhalation, ingestion ou absorption cutanée des liquides.

### 13.1 Les effets sur la santé

Ces solvants peuvent entraîner chez les utilisateurs et les personnes exposées l'irritation des yeux, de la peau ou des voies respiratoires supérieures, un affaiblissement du système nerveux central dont les conséquences sont plus ou moins importantes selon l'exposition, et des troubles hépatiques ou néphrologiques. Il existe aussi des risques de dermatose attribuables aux propriétés dégraissantes de ces produits.

## 13.2 La réglementation

Selon le *Règlement sur la qualité du milieu de travail* (RQMT S-2.1, r.15), les concentrations admissibles pour chaque solvant ont des valeurs différentes, tant pour l'exposition moyenne pondérée que pour l'exposition de courte durée. Les valeurs respectives de ces deux types d'exposition sont de : 1 910 mg/m<sup>3</sup> (350 ppm) et 2 460 mg/m<sup>3</sup> (450 ppm) pour le **trichloro-1,1,1 éthane**; 269 mg/m<sup>3</sup> (50 ppm) et 1 070 mg/m<sup>3</sup> (200 ppm) pour le **trichloréthylène**; 1 780 mg/m<sup>3</sup> (750 ppm) et 2 380 mg/m<sup>3</sup> (1 000 ppm) pour l'**acétone**; 150 mg/m<sup>3</sup> (50 ppm) et 300 mg/m<sup>3</sup> (100 ppm) pour le **méthyléthylcétone**; 205 mg/m<sup>3</sup> (50 ppm) et 310 mg/m<sup>3</sup> (75 ppm) pour le **méthylisobutylcétone**; 525 mg/m<sup>3</sup> (100 ppm) pour le **solvant stoddard**; 377 mg/m<sup>3</sup> (100 ppm) et 565 mg/m<sup>3</sup> (150 ppm) pour le **toluène**; et 434 mg/m<sup>3</sup> (100 ppm) et 561 mg/m<sup>3</sup> (150 ppm) pour le **xylène**.

Il convient de rappeler ici que dans le cas d'une exposition à plusieurs substances ayant des effets similaires sur les mêmes organes, les effets doivent être considérés comme additifs, à moins d'indications contraires (alors spécifiées à la partie III de l'annexe A du RQMT). Si la somme des fractions partielles exprimant les concentrations individuelles excède l'unité, la valeur d'exposition moyenne pondérée est dépassée.

## 14 Le bruit

Le préposé au décapage au jet d'abrasif peut être exposé à des bruits provenant de différentes sources comme :

- le sifflement strident accompagnant la sortie de l'air et de l'abrasif par la buse;
- le bruit de la projection de l'abrasif contre la surface à traiter;
- le bruit du compresseur et des unités de dépoussiérage;
- les bruits associés aux autres sources présentes dans l'environnement de travail.

Les facteurs influençant les niveaux de bruit sont les suivants :

- la pression d'air dans la buse;
- la distance entre le jet et la surface à traiter;
- la forme de la surface à traiter;
- la forme de la buse;
- la distance entre la buse et la zone auditive du travailleur;
- l'arrivée d'air dans la cagoule protectrice.

En agissant sur l'un de ces paramètres, on peut obtenir une amélioration du confort relativement au bruit, qui pourrait s'accompagner d'un accroissement de la performance dans l'exécution du travail. Ainsi, l'utilisation d'un cabinet ou d'un système automatique de décapage minimisera l'exposition des travailleurs au bruit, tandis qu'un mauvais choix des matériaux constituant la paroi interne des murs de la chambre de décapage aura l'effet contraire.

L'étude faite par Décibel Consultant inc. en 1986 sur l'exposition au bruit des travailleurs préposés au nettoyage des surfaces par jet d'abrasif, a donné les résultats suivants :

- dans le cas des opérations de nettoyage par jet d'abrasif à l'extérieur, le bruit mesuré au niveau de l'oreille de l'opérateur peut atteindre jusqu'à 130 dBA. Les décapeurs travaillant à l'extérieur sont ainsi exposés à des bruits dépassant la limite instantanée de 115 dBA; de surcroît, leur exposition dépasse la norme de 90 dBA pour 8 heures.
- dans le cas des opérations de nettoyage par jet d'abrasif effectuées à l'intérieur d'un cabinet de décapage, l'opérateur se trouvant à l'extérieur, le niveau de bruit mesuré ponctuellement dans la zone auditive de l'opérateur peut atteindre 95 dBA; l'exposition quotidienne ne dépasse pas 90 dBA éq.

Une autre étude sur l'exposition au bruit, réalisée par le personnel du Département de santé communautaire de l'hôpital Saint-Luc de Montréal en 1985, fait état de niveaux sonores de l'ordre de 110 à 115 dBA. Aussi, une étude albertaine indique que 49 % des travailleurs d'une compagnie de décapage au jet présentaient des déficiences auditives attribuables à l'exposition au bruit; enfin, une étude de l'état de santé auditive de travailleurs ayant fait du décapage au jet d'abrasif pendant plus de 10 ans démontre qu'ils ont tous un déficit.

## 14.1 Les effets sur la santé

À de telles doses de bruit, l'exposition se manifeste par des effets sur l'audition du travailleur. La diminution de l'acuité auditive est proportionnelle à l'intensité de l'exposition, à sa durée, et elle est conditionnée par des facteurs individuels (susceptibilité individuelle et affections antérieures de l'oreille interne). La surdité professionnelle correspond au stade ultime du processus d'adaptation et de fatigue. En effet, la baisse de l'acuité auditive se traduit habituellement par une diminution temporaire du seuil d'audition qui se rétablit après une période de récupération. Lorsque la capacité de récupération est dépassée ou que l'importance du déplacement du seuil rend impossible la restauration de ce seuil, une diminution permanente du seuil d'audition s'installe. Ainsi, la capacité de récupération limitée se traduit par une dégénérescence irréversible des fibres nerveuses dans l'oreille interne.

Du fait que le bruit gêne la communication par la parole ou par signal acoustique, les moyens utilisés pour masquer le bruit peuvent représenter une menace pour la santé et la sécurité des travailleurs.

Même si les organes autres que ceux de l'audition sont moins sensibles au bruit, ce dernier a des effets immédiats sur d'autres fonctions : élévation du rythme cardiaque, vasoconstriction, troubles de la vision (diminution des réflexes d'accommodation et de convergence), perturbation du sens de l'équilibre et accroissement du stress. Les publications font également état de désordres à long terme, comme des maladies cardio-vasculaires, des troubles digestifs, un état de fatigue et des troubles psychiques.

## 14.2 La réglementation

La section VIII du *Règlement relatif à la qualité du milieu de travail* (RQMT S-2.1, r.15) donne les valeurs d'exposition moyennes pondérées au bruit à respecter en milieu de travail. Nous devons utiliser les articles 45 et 46 pour le calcul de l'exposition professionnelle au bruit continu, et les articles 48 et 49 pour l'évaluation de l'exposition aux bruits d'impact. Rappelons que la dose équivalente pour l'exposition à du bruit continu est de 90 dBA éq., et qu'aucune exposition ne doit être supérieure à un niveau de 115 dBA. Pour les bruits d'impact, le niveau maximal à ne pas dépasser est de 140 dB linéaire en valeur de crête, et la somme des fractions partielles (exprimant l'importance relative des différentes composantes du bruit) ne doit pas dépasser l'unité.

Les autres articles de cette section ont trait à l'aménagement et à l'exploitation d'un établissement (art. 44), à la présence de bandes de fréquences prédominantes (art. 47), aux mesures correctives (art. 50), aux protecteurs auditifs (art. 51), à l'affichage (art. 52) et aux différents aspects méthodologiques relatifs aux mesures (articles 53, 54 et 55).

## Les conditions climatiques

Lorsqu'elles sont exécutées à l'extérieur, les opérations de décapage au jet comportent aussi des risques d'exposition liés aux conditions climatiques telles que la **chaleur**, le **froid**, le **vent** et les **précipitations**.

La partie de la cagoule à adduction d'air qui recouvre le thorax, en totalité ou en partie selon le modèle utilisé, limite l'évaporation. Compte tenu de l'effort physique imposé au travailleur pour une tâche donnée, celui-ci est soumis à des contraintes thermiques si la tâche est exécutée en ambiance chaude. Pareilles situations peuvent s'observer, par exemple, lorsque les opérations sont exécutées dans des salles de chaudières, dans des enceintes étanches comme celles que l'on aménage sur des ponts, etc. Il convient de signaler, à ce sujet, qu'il existe des systèmes tant de réchauffement que de refroidissement de l'air d'alimentation des équipements de protection respiratoire à adduction d'air.

Le fait d'exécuter le décapage au jet d'abrasif en ambiance froide n'a pas d'incidences particulières, si ce n'est que les capacités physique et mentale se trouvent diminuées. Le travailleur doit porter des vêtements isolants adéquats pour maintenir la température interne de son corps. Le taux de refroidissement éolien et le pouvoir de refroidissement de l'air sont des facteurs importants à prendre en considération : plus la vitesse de l'air est grande et la température de l'air basse, plus les vêtements doivent être isolants. De plus, l'humidité de l'air d'alimentation du système à adduction d'air, bien qu'elle soit plus faible quand il fait froid, peut entraîner le dysfonctionnement des pièces mobiles ou souples. Inversement, si l'humidité de l'air d'alimentation du système à adduction d'air est insuffisante, cela entraînera le dessèchement des muqueuses chez le porteur de l'équipement.

Le vent peut empêcher de travailler lorsque les tâches sont exécutées sur un échafaudage. Les précipitations d'eau ou de neige, et la présence de glace, rendent les surfaces glissantes, ce qui augmente les risques de chute; les limitations imposées par ces conditions sont plus importantes si le travail se fait en hauteur.

## Les effets sur la santé et la sécurité

Les effets sur la santé et la sécurité des travailleurs attribuables au type d'ambiance (chaude ou froide) ne dépendent pas du genre de travail exécuté. Ainsi, une ambiance chaude pourrait aller jusqu'à provoquer un coup de chaleur. Les autres malaises potentiels sont des crampes et des moments de faiblesse, qui sont réversibles si on les traite promptement, des déséquilibres électrolytiques, de la déshydratation, des éruptions cutanées, de l'œdème et une diminution des capacités physique et mentale. L'apparition de ces symptômes dépend de chaque individu et est fonction de son état de santé et de ses capacités d'acclimatation.

L'exécution de tâches dans une ambiance froide peut causer la gelure des extrémités et de l'hypothermie. L'hypothermie se manifeste par différents signes physiologiques en rapport avec la température interne atteinte, pouvant aller des grelottements jusqu'à des problèmes de vigilance, de pression sanguine et de dilatation des pupilles suivie de la perte de conscience progressive avec accroissement de la rigidité musculaire, en passant par un pouls et une pression artérielle faibles, une diminution du rythme respiratoire, la fibrillation ventriculaire avec irritabilité du myocarde, la cessation des mouvements volontaires, l'absence de sensibilité des pupilles à la lumière et l'absence de réflexes superficiels et au niveau des tendons, la fibrillation ventriculaire spontanée, l'œdème pulmonaire, etc. Les travailleurs âgés et ceux souffrant de problèmes de circulation sanguine doivent prendre des mesures de protection particulières, et notamment utiliser des vêtements plus isolants ou diminuer la durée d'exposition.

L'exposition au vent et aux précipitations n'a pas directement d'effets sur la santé et la sécurité des travailleurs. On observe plutôt des conséquences indirectes, comme une augmentation du risque de chute, dont les effets sont abordés au point 20, p. 69.

**Note.** - En 1996, la CSST a publié un guide concernant la contrainte thermique par le froid.

Dans le cas du travail en ambiance chaude, l'évaluation des conditions environnementales se fait selon la méthode WBGT, conformément au *Règlement sur la qualité du milieu de travail* (RQMT, art. 37 et 38). L'analyse de la situation de travail (RQMT, annexe D) nécessite aussi que l'on tienne compte du régime d'alternance travail-repos sur une base horaire (RQMT, art. 39) et de l'effort physique impliqué par le travail. On considère aussi la possibilité de disposer d'eau fraîche et de sel (RQMT, art. 39) et les mesures particulières qui s'appliquent (RQMT, art. 40). La réglementation permet de tenir compte de l'habillement du travailleur ou de l'équipement porté pour se protéger contre les effets de l'exposition à des substances dangereuses, de même que de son acclimatation.

En ce qui concerne les travaux exécutés à l'extérieur en ambiance froide, la réglementation québécoise fournit peu d'indications. Par contre, l'*American Conference of Governmental Industrial Hygiene* spécifie que l'évaluation doit tenir compte du facteur de refroidissement dû au vent et que le contrôle doit s'effectuer par une organisation du travail tenant compte du régime d'alternance travail-réchauffement. L'article 51.3 de la *Loi sur la santé et la sécurité du travail* visant l'organisation du travail, ainsi que les méthodes et techniques sécuritaires, nous permettent donc d'intervenir.

L'article 3.9.1.4 du *Code de sécurité pour les travaux de construction* circonscrit les conditions d'utilisation des échafaudages pour effectuer un travail en fonction des conditions climatiques. Ainsi, il est défendu de se trouver sur un échafaudage lorsque les vents sont violents ou pendant une tempête, ou en présence de glace, neige ou verglas sur les plates-formes, à moins qu'une substance antidérapante n'ait été répandue.



## 16 Le feu et les explosions

Les poussières susceptibles d'entraîner un risque d'incendie ou d'explosion sont celles de métaux comme l'aluminium, le magnésium, le titane, le zirconium et le tantale, celles d'abrasifs d'origine végétale comme les noix concassées ou d'origine synthétique comme le polyéthylène, celles des matières plastiques, et celles provenant du décapage de métaux recouverts de peinture, de caoutchouc, etc. Trop d'huile ou de graisse sur la surface à nettoyer peut aussi représenter un risque d'incendie, si l'on n'enlève pas bien ces substances avant l'opération de décapage. Les autres causes d'incendie sont les câbles électriques mal isolés, un mauvais entreposage des produits inflammables, et l'accumulation de graisse ou d'huile sur des vêtements de travail.

### 16.1 Les effets sur la santé et la sécurité

L'accumulation de poussières peut conduire parfois à un risque d'incendie. Aussi, si la concentration en poussières fines se situe à l'intérieur des limites d'inflammabilité, la moindre étincelle peut déclencher un incendie ou une explosion. Par exemple, la poussière d'oxyde de fer (la rouille), lorsqu'elle est mélangée avec de la poussière fine d'aluminium provenant d'un autre procédé (comme la projection de métal), peut entraîner la formation d'un mélange inflammable. Des expériences ont démontré qu'un tel mélange peut prendre feu au contact d'une source d'inflammation comme une étincelle électrique provenant d'un câble mal isolé ou un globule de métal en fusion.

Le décapage au jet à l'extérieur de réservoirs d'entreposage d'hydrocarbures à la pression atmosphérique, et notamment de réservoirs contenant un mélange de vapeurs inflammables ou un mélange pouvant devenir inflammable par ajout d'air, constitue un risque d'incendie. On doit alors élaborer une méthode de travail qui respecte des règles de sécurité : toutes les sources d'inflammation doivent être identifiées et contrôlées, et il faut s'assurer, lors de l'exécution de travaux de nature mécanique, de l'absence de vapeurs inflammables dans la zone de travail entourant le réservoir. Les sources d'inflammation potentielles, quand on exécute des travaux de décapage, sont les étincelles qui peuvent se produire sous l'effet de l'impact de l'abrasif contre le métal, de l'échauffement par friction en résultant ou de la décharge de l'électricité statique accumulée lorsque l'abrasif est projeté par l'équipement.

### 16.2 La réglementation

*Le Règlement sur les établissements industriels et commerciaux*, à l'article 10.1.3 de la section X, fait référence à la norme américaine NFPA 30 (National Fire Protection Association) pour des situations de travail dans des environnements où existent des risques d'incendie et d'explosion. Il comporte d'autres dispositions aux articles 10.1.6, 10.2.2.2, 10.2.2.4, 10.2.3.2 et 10.2.3.3. Certaines règles, applicables aux travaux exécutés dans ce type d'ambiance dangereuse, sont aussi indiquées dans le *Code de sécurité pour les travaux de construction*.

## L'électricité statique

Dans le cas nous intéressant ici, l'électricité statique s'accumule par suite du frottement de deux matériaux l'un contre l'autre. L'accumulation de charges par un matériau élève son potentiel (sa pression électrique). Quand la différence de potentiel (tension) entre le matériau chargé et un autre matériau de l'environnement devient suffisamment élevée, c'est-à-dire quand il y a un déséquilibre suffisamment grand entre les charges électriques portées par l'un et par l'autre, un courant s'établit du plus chargé au moins chargé. Il se produit une décharge électrique, se manifestant par un arc ou une étincelle. L'établissement d'un arc dans l'air sec implique une différence de potentiel de 30 000 V/cm.

On appelle mise à la masse toute liaison conductrice avec la terre, dont le potentiel est nul. La liaison entre toutes les pièces conductrices par continuité des masses permet de créer un chemin de plus faible résistance, et ainsi d'assurer la protection d'un appareil ou d'un circuit électrique.

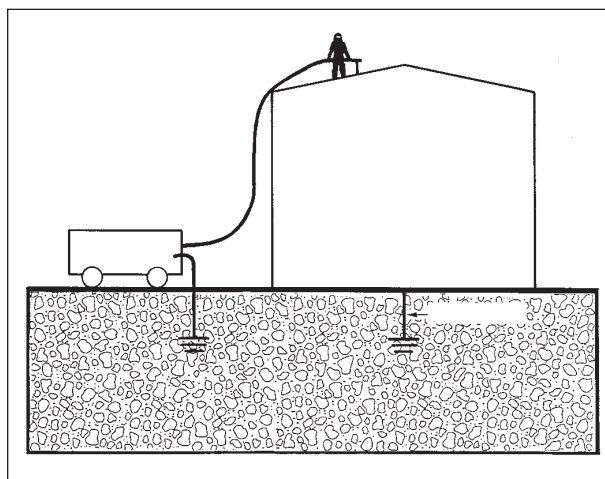
La projection par l'air comprimé d'abrasifs secs, particulièrement lorsque la buse ou la pièce à découper n'est pas convenablement mise à la terre, peut produire de l'électricité statique qui s'accumule sur le corps de l'opérateur.

### Les effets sur la santé et la sécurité

La réaction d'un travailleur recevant une décharge d'électricité statique peut se limiter à la surprise, mais elle peut aussi être à l'origine d'un accident. Dans certains cas, une étincelle peut jaillir, enflammer des matériaux hautement inflammables et causer un incendie ou une explosion.

### La réglementation

À propos des installations électriques, le *Code canadien de l'électricité*, dont certaines sections sont spécifiques pour le Québec (c. 22.1 - 92), définit ce qu'on appelle des zones dangereuses, cette notion englobant celle d'environnement inflammable ou explosif, qui fait l'objet de spécifications particulières. La continuité des masses avec le sol peut être exigée à des fins de protection contre les décharges d'origine électrostatique; on peut alors utiliser des éléments des structures métalliques dans un bâtiment, comme une canalisation d'eau, pour réaliser la continuité électrique.



Mise à la terre des équipements et du bâtiment



## 18 Les risques de nature ergonomique

Les risques ergonomiques sont liés aux postures statiques fréquentes qui impliquent une forte sollicitation des membres supérieurs (tenir la lance de jet d'abrasif, par exemple). Lors de la manipulation du pistolet du système de décapage au jet, le travailleur doit toujours garder ses mains et ses bras dans une position levée, au niveau du cœur. Les risques ergonomiques peuvent aussi être reliés à la posture adoptée pour le travail.

### 18.1 Les effets sur la santé et la sécurité

Une posture donnée, si on la conserve trop longtemps, peut occasionner :

- des engourdissements des mains et des bras;
- des douleurs aux bras, aux épaules.

Quant à la posture de travail (le travailleur, par exemple, peut se retrouver le dos courbé et la tête inclinée vers l'arrière lorsque les pièces à décaper se trouvent plus haut que ses épaules), elle peut causer des douleurs et des entorses au niveau du cou et du dos.

### 18.2 La réglementation

Il n'y a pas de règlement actuellement au Québec en matière de risques de nature ergonomique. Selon les circonstances, il y a lieu de procéder à l'analyse des postes de travail et à leur amélioration en se basant sur la méthodologie et les guides élaborés dans le cadre du programme d'intervention sur la manutention.



## 18 Les risques de nature ergonomique

Les risques ergonomiques sont liés aux postures statiques fréquentes qui impliquent une forte sollicitation des membres supérieurs (tenir la lance de jet d'abrasif, par exemple). Lors de la manipulation du pistolet du système de décapage au jet, le travailleur doit toujours garder ses mains et ses bras dans une position levée, au niveau du cœur. Les risques ergonomiques peuvent aussi être reliés à la posture adoptée pour le travail.

### 18.1 Les effets sur la santé et la sécurité

Une posture donnée, si on la conserve trop longtemps, peut occasionner :

- des engourdissements des mains et des bras;
- des douleurs aux bras, aux épaules.

Quant à la posture de travail (le travailleur, par exemple, peut se retrouver le dos courbé et la tête inclinée vers l'arrière lorsque les pièces à décaper se trouvent plus haut que ses épaules), elle peut causer des douleurs et des entorses au niveau du cou et du dos.

### 18.2 La réglementation

Il n'y a pas de règlement actuellement au Québec en matière de risques de nature ergonomique. Selon les circonstances, il y a lieu de procéder à l'analyse des postes de travail et à leur amélioration en se basant sur la méthodologie et les guides élaborés dans le cadre du programme d'intervention sur la manutention.



19

## La projection de particules

En ricochant sur les surfaces de travail, les particules d'abrasif peuvent constituer un danger, spécialement lorsque des abrasifs ayant un grand diamètre comme des grenailles d'acier sont utilisés. Des règles sont établies pour protéger le travailleur exécutant la tâche contre les risques de lésions de la peau et des yeux, mais des risques existent aussi pour les autres travailleurs non protégés et, le cas échéant, les passants.

L'orientation accidentelle du jet d'abrasif vers un travailleur ou vers une autre personne constitue aussi un risque.

19.1

### Les effets sur la santé et la sécurité

Les grains de silice frappant toute surface de peau non protégée peuvent provoquer une véritable desquamation (*peeling*), des coupures et lacérations. Lors d'une exposition directe, le jet d'abrasif peut traverser les vêtements et pénétrer dans la chair. Les publications font état de cas où les particules de sable projetées à une vitesse très élevée ont pu pénétrer profondément dans la main, causer des lésions aux nerfs et entraîner une perte de sensibilité. Il est raisonnable de croire que l'exposition directe à la projection de particules d'un substitut auraient des effets analogues.

Les lésions aux yeux constituent le second type de blessures affectant la santé des travailleurs dans les entreprises qui utilisent le décapage au jet d'abrasif. La présence de poussières dans l'environnement de travail est certainement en relation avec cet état de fait.

19.2

### La réglementation

Tant le *Code de sécurité pour les travaux de construction* que le *Règlement sur la qualité du milieu de travail* prescrivent le port d'une cagoule à adduction d'air. En plus d'assurer une protection efficace des voies respiratoires, cette cagoule permet une protection contre la projection de particules. La protection des autres parties du corps est assurée par le port obligatoire de gants, de jambières et d'un vêtement conçu à cette fin.

De manière directe ou circonstancielle, les opérations de décapage au jet ont tendance à créer des environnements de travail où les dangers de chute constituent un risque réel. La mauvaise visibilité causée par les poussières en suspension peut être à l'origine d'une chute de même niveau ou de hauteur.

### **Les chutes de même niveau ou glissades**

Les chutes de même niveau ont habituellement pour cause soit l'encombrement des voies de circulation, soit un plancher glissant ou en mauvais état. En raison de sa nature, le décapage au jet d'abrasif favorise l'accumulation de poussières sur le sol ou sur le plancher de l'aire de travail ainsi que l'encombrement de celle-ci par des boyaux, qui constituent des risques de chute.

### **Les chutes de hauteur**

On parle de chute de hauteur quand la personne tombe de plus de 3 mètres. Les décapeurs sur les chantiers, surtout à l'extérieur (décapage de ponts, nettoyage de surfaces de bâtiments ou de grandes structures, etc.) peuvent être dans une situation de travail en hauteur sur des échafaudages, dans des nacelles, sur des plates-formes élévatrices automotrices ou tout autre équipement conçu pour

le travail en hauteur. Ce type d'accident risque plus de survenir au cours du montage ou du démontage des échafaudages, ou lors de la mise en place du système d'amarrage, lorsque le travailleur accède à son poste de travail ou le quitte, lorsque l'aire de travail est trop étroite, qu'il n'y a aucun garde-corps ou que la personne est amenée à se pencher au-dessus du garde-corps, ou encore quand un plancher cède. On doit s'assurer que la capacité de charge de l'équipement utilisé est suffisante pour supporter, et les travailleurs, et tous les outils et accessoires nécessaires aux opérations. Il convient d'observer par ailleurs que des échelles ou des escabeaux ne peuvent être utilisés que pour avoir accès à une zone de travail, du fait qu'en permanence les travailleurs doivent pouvoir s'appuyer en trois points.

### Les effets sur la santé et la sécurité

Les effets d'une chute vont des ecchymoses et contusions à la mort, en passant par les fractures des membres et du rachis. Dans les cas de décès, la cause a été le plus souvent une fracture du crâne.

Quoique nous ne sommes informés que des événements qui entraînent des pertes de temps travaillé supérieures à une journée, nous sommes conscients que ces accidents sont très nombreux. De même, les incidents qui ne se traduisent pas par des pertes d'heures ou de journées de travail le sont encore plus.

### Les chutes de même niveau ou glissades

Dans ce cas, c'est le *Code de sécurité pour les travaux de construction* qui indique les dispositions à respecter relativement à la tenue des lieux, à leur entretien et leur aménagement; la section 3.4 du *Règlement sur les établissements industriels et commerciaux* fournit les dispositions relatives aux voies de circulation et aux zones de travail.

Ainsi, le *Code de sécurité pour les travaux de construction* indique que :

- l'aire de travail et les voies et moyens d'accès et de sortie doivent être libres de toute obstruction (article 3.1.4);
- le plancher doit former une surface uniforme (article 3.9.8.c.iii);
- le plancher doit être ouvert de façon à éviter les glissades lorsqu'il est métallique (article 3.9.8.d.ii);
- personne ne peut se tenir sur un échafaudage pendant une tempête ou une période de vents violents (article 3.9.14.1.b);
- le plancher doit être recouvert d'une matière antidérapante, particulièrement lorsque l'échafaudage est recouvert de glace, de neige ou de verglas (article 3.9.14.1.c).

### Les chutes de hauteur

Conformément à l'esprit de la *Loi sur la santé et sécurité du travail*, la meilleure méthode pour éviter les dangers relatifs au travail en hauteur est d'éviter le travail en hauteur lui-même et donc, de préférence, d'exécuter le travail au sol.

Étant donné qu'il existe des circonstances où ce type de travail ne peut être évité, il est de mise d'utiliser alors des équipements appropriés tels que des nacelles, des plates-formes élévatrices automotrices ou tout autre équipement conçu pour effectuer le travail en hauteur. Pour les travaux sur échafaudages, il faut se référer au guide réalisé par la CSST *Choisissez vos outils et machines, Pour exécuter un travail déterminé - Échafaudages, Guide, Série 4*, 2<sup>e</sup> édition revue et augmentée, 1991. On y traite des aspects qui concernent les composantes des échafaudages de service et leur assemblage, et les types d'échafaudages de service.

Voici quelques dispositions du *Code de sécurité pour les travaux de construction* se rapportant à ces questions :

- les plans, signés et scellés par un ingénieur du fabricant, sur un appareil susceptible d'être déplacé, de même que les procédés d'installation et de démontage, doivent être déposés à la CSST (article 2.4.1.2.i);
- lorsque le lieu de travail comporte une possibilité de chute de hauteur de plus de 3 mètres, le travailleur doit porter une ceinture de sécurité et utiliser un cordon d'assujettissement, un dispositif antichute et une corde d'assurance conformes (article 2.10.12);
- les échelles et escabeaux doivent être conformes tant dans leur conception et fabrication que dans leur utilisation (sous-section 3.5);
- les escaliers doivent être conformes tant dans leur conception et fabrication que dans leur utilisation (sous-section 3.6 et article 3.9.11.b);
- lorsque le lieu de travail comporte une possibilité de chute de hauteur de plus de 3 mètres, un garde-corps ayant une résistance suffisante et de construction conforme doit être conformément utilisé (section 3.8).



De plus, les dispositions du *Règlement sur les établissements industriels et commerciaux* relatives aux échafaudages doivent aussi être respectées, comme celles du *Code de sécurité pour les travaux de construction* (section 3.9).

Par ailleurs, la norme américaine ANSI A10.8-1988 prévoit à l'article 4.5.9 que les échafaudages doivent être montés de façon que la distance entre le plan de travail et le bâtiment soit inférieure à 400 mm en l'absence de garde-corps; à l'article 11.3.1, on indique que l'échafaudage mobile doit être stable même pendant son déplacement.

Les normes canadiennes comportent aussi différentes prescriptions qui s'appliquent dans les circonstances actuelles. Ainsi,

- l'inclinaison des madriers doit être inférieure à 1 sur 5 (CSA-269.2-M87, article 8.2.2);
- les échelles servant de moyens d'accès à un échafaudage doivent être conformes à la norme (CSA-269.2-M87, article 8.4.2);
- si l'échafaudage a une course verticale supérieure à 45 m, un rail de fixation latérale doit être prévu et utilisé (CSA, Z271-1974, article 5.2.1 et 16.3);
- seules des personnes ayant reçu la formation requise peuvent faire fonctionner l'échafaudage (CSA, Z271-1974, article 13.1);
- les conditions climatiques doivent permettre l'utilisation de l'équipement (CSA, Z271-1974, article 13.2);
- le bon fonctionnement de l'ensemble de la sellette doit être vérifié grâce à des essais de montée, de descente et du frein d'urgence (CSA, Z271-1974, article 16.13 et 12.3.1);
- l'utilisation d'échafaudages volants à 2 points de suspension sera favorisée (CSA, Z271-1974, article 16.14.1).





Section III


# Mesures de prévention

# La substitution

Comme nous l'avons vu précédemment, le décapage au jet d'abrasif est une activité professionnelle comportant plusieurs risques. Les mesures préventives doivent d'abord viser l'élimination à la source du risque pour la santé, comme le stipule la *Loi sur la santé et sécurité du travail*.

La substitution implique le remplacement, autant de substances que de procédés dangereux, par des substances ou des procédés moins dangereux. C'est le moyen de prévention que l'on préconise habituellement en premier lieu pour l'élimination des dangers, du fait que son efficacité n'est pas influencée par des éléments aléatoires. Cependant, certains facteurs doivent être pris en considération dans l'analyse d'une situation, compte tenu de la difficulté de choisir la meilleure solution parmi un nombre élevé de solutions possibles. Selon le rapport de recherche *Substitution des solvants en milieu de travail*, de M. Gérin et D. Bégin, ces facteurs peuvent être regroupés en cinq catégories :

- ❶ les facteurs relatifs à la santé et à la sécurité du travail sont, par exemple, la toxicité, la génération de poussières toxiques ou explosives, l'inflammabilité et l'explosibilité, la production d'étincelles, les valeurs limites d'exposition, les méthodes de prévention diverses, la surveillance environnementale et biologique de l'exposition, le dépistage médical, la réglementation, etc.;
- ❷ les facteurs relatifs à l'environnement sont, par exemple, la réglementation, la toxicité spécifique, la biodégradabilité, le traitement des déchets et résidus, le recyclage sur place ou à l'extérieur, le transport et l'entreposage, etc.;
- ❸ les aspects techniques sont, par exemple, la faisabilité, la qualité et l'apparence du produit fini, la salissure, l'efficacité, la rapidité et le rendement, l'équipement et la façon de l'utiliser, le nettoyage, l'entretien et la maintenance des équipements de production, le traitement préalable ou subséquent des surfaces, les équipements auxiliaires requis, les modifications aux infrastructures de base, etc.;
- ❹ les paramètres économiques sont, par exemple, les coûts directs des produits, les coûts des équipements, les coûts de gestion des résidus ou déchets, la productivité, etc.;
- ❺ les paramètres socio-organisationnels sont, par exemple, la disponibilité de programmes gouvernementaux d'adaptation, les modifications des procédés de travail, l'implantation de moyens de protection individuelle, la formation et l'information du personnel, etc.



L'analyse de la substitution implique le recours à une démarche logique pour déterminer la solution la plus appropriée. Dans le cas nous intéressant, on doit d'abord déterminer s'il est indispensable d'utiliser le procédé de décapage au jet, ainsi que de recourir à la silice comme abrasif, pour préparer les surfaces. Il faut ensuite recenser les produits de remplacement connus pour l'abrasif et trouver les procédés de remplacement viables. Les publications révèlent qu'il existe des produits substitués moins toxiques que la silice pour le décapage au jet. Il s'agit des grenailles ou billes d'acier ou de fer, de l'oxyde d'aluminium, et de l'olivine naturelle ou synthétique. Aussi, afin de limiter l'exposition à la silice, compte tenu des risques importants pour la santé, liés à son usage, on devrait favoriser l'utilisation d'un abrasif contenant moins de 1% de silice cristalline. Nous devons ensuite évaluer les conséquences de l'implantation de chacune des solutions potentielles, les comparer entre elles et avec la solution initiale. Cette étape exige de réunir, au préalable, des informations pertinentes de qualité, aussi exhaustives que possible. L'exploitation des résultats de l'analyse globale de chaque solution de remplacement envisagée peut constituer un processus complexe et comporte aussi des limites. Les dangers intrinsèques à la nouvelle situation de travail résultant du choix d'une solution de remplacement doivent être évalués *a priori*. *A posteriori*, la situation de travail doit présenter globalement un niveau de risque moins élevé. Au choix de la solution optimale fait suite son implantation. L'amélioration obtenue doit être la plus grande possible.

Le succès de la démarche de substitution dépend de la mesure dans laquelle la solution améliore les conditions et réduit les risques d'affecter la santé du travailleur, tout en satisfaisant aux exigences

techniques du travail et ce, avec le minimum de contraintes (coûts, modifications des méthodes et procédés, adaptation des travailleurs, etc.).

Le plus grand risque inhérent à l'utilisation des abrasifs est représenté par la poussière provenant de l'éclatement des grains d'abrasif. Le risque d'inhalation des poussières d'abrasif varie selon le procédé de travail, la sorte d'abrasif, la dimension des particules, le nombre de recyclages de l'abrasif, et le lieu où s'exécute le décapage (à l'extérieur, dans une chambre de décapage ou dans une cabine de décapage). Généralement, le procédé humide dégage moins de poussière que le procédé à sec. Plus le nombre de recyclages de l'abrasif est grand, plus les particules d'abrasif deviennent fines, et plus la quantité de poussière produite sera importante. Le travailleur est moins exposé aux poussières lorsqu'une enceinte le sépare de l'équipement de décapage comme dans le cas de l'utilisation d'une cabine de décapage.

Si l'on peut isoler l'opération des autres activités, il est important de le faire. Le contrôle des émissions de poussières de silice se fait par l'exécution des opérations dans une cabine de décapage de préférence, ou dans une chambre de décapage munie d'un système d'aspiration, ou encore dans une enceinte où règne une pression négative grâce à un système de ventilation par extraction.

Enfin, lorsque des mesures de contrôle collectives ne peuvent être mises en place, on doit assurer la protection de l'opérateur par des mesures de protection individuelles. Elles représentent à la fois un palliatif et la solution aux problèmes de protection lorsque les autres moyens à disposition n'ont pas une efficacité suffisante.

## Les mesures de protection contre les risques liés aux abrasifs et aux particules

Que ce soit à l'extérieur ou en salle de décapage, le décapeur est exposé aux poussières et à la projection de particules.

### La protection respiratoire

#### Les difficultés inhérentes au port des équipements de protection des voies respiratoires

Même si la cagoule est l'un des équipements de protection respiratoire les moins gênants, ce système crée de l'inconfort, une résistance à la respiration par une gêne à l'expiration, de la fatigue et une limitation des mouvements due au poids de l'équipement et à l'encombrement de la tubulure. Il nuit aussi à la vision, surtout si la visière est rayée par suite du contact avec les abrasifs, gêne les communications et affecte l'efficacité. De plus, la confiance dans l'équipement de protection des voies respiratoires peut, dans les cas où il est mal porté, engendrer un faux sentiment de sécurité.

Étant donné l'obligation de porter ce type d'équipement de protection, les personnes souffrant de problèmes de santé qui les obligent à prendre des médicaments ou souffrant de maladies comme le diabète, l'épilepsie, l'alcoolisme, d'affections pulmonaires, de maladies des artères coronaires ou des vaisseaux sanguins cérébraux, d'hypertension sévère ou progressive ou d'anémie pernicieuse, devraient consulter un médecin pour s'assurer qu'ils peuvent continuer à travailler sans nuire à leur santé. Cela s'applique aussi aux personnes ayant déjà souffert de difficultés respiratoires dans des circonstances où elles ont dû porter un équipement respiratoire, de claustrophobie ou d'autres malaises qui, selon l'avis d'un médecin, pourraient placer le travailleur dans une situation à risque.

L'usage des appareils de protection respiratoire en ambiance froide peut être à l'origine de difficultés, parce que de la condensation se forme dans la visière, par exemple, ou que les soupapes se bloquent, ou encore que les pièces de caoutchouc deviennent rigides. La condensation peut être éliminée par l'utilisation d'un demi-masque intérieur (*nose cup*).

Dans les situations où il est nécessaire d'assurer la communication avec le porteur du système de protection respiratoire, des équipements spéciaux peuvent être utilisés.

#### La sélection

Selon l'article 51 de la *Loi sur la santé et la sécurité du travail*, l'employeur doit prendre les mesures nécessaires pour protéger la santé du travailleur. Ainsi, il est de sa responsabilité de fournir tous les moyens et équipements de protection individuelle et de s'assurer que le travailleur, dans son travail, les utilise. En contrepartie, il est spécifié, à l'article 49, que le travailleur a l'obligation de prendre les mesures nécessaires pour protéger sa santé. Aussi, les articles 8, 9 et 10 du *Règlement sur la qualité du milieu de travail* prescrivent :

- la conformité aux exigences et aux normes établies pour de tels équipements (CSA Z94.4-93). Ils défendent aussi d'utiliser un mécanisme automatique ayant pour fonction de couper ou de restreindre l'alimentation d'air sur les appareils de protection respiratoire autonomes ou à adduction d'air comprimé;
- de choisir un type d'équipement approprié, de le maintenir dans un bon état de fonctionnement, d'en faire l'inspection, la désinfection, d'en assurer l'entreposage adéquat et d'assurer la formation des utilisateurs;
- de mettre à la disposition des travailleurs un air de qualité respirable.

Plus spécifiquement, dans les conditions où il n'y a pas isolation du processus de décapage au jet d'abrasif, l'article 20 du *Règlement sur la qualité du milieu de travail* (RQMT) et l'article 3.20.1 du *Code de sécurité pour les travaux de construction*, exigent l'utilisation par les travailleurs d'une cagoule à adduction d'air conçue pour ce genre d'activité. L'article 20 du RQMT stipule aussi l'obligation de revêtir, d'enlever et de remiser l'équipement dans une zone différente de celle où s'effectue le décapage.

### 2.1.3 L'utilisation

D'après la réglementation en vigueur (articles de la sous-section 3.20 du *Code de sécurité pour les travaux de construction* et 20 du RQMT), on doit assurer la protection contre les poussières et la projection d'abrasifs et de métaux. Aussi l'air, d'alimentation doit être conforme à la norme ACNOR Z180.1-M 1978, et sa fourniture doit se faire à un débit compris entre 165 et 430 litres par minute, suffisant pour maintenir une pression positive; les équipements doivent être entretenus et gardés propres.

La documentation à ce sujet indique que les équipements de protection respiratoire doivent être attribués sur une base personnelle. Pendant la journée de travail, chaque travailleur doit s'assurer que son équipement est resté propre et en bonne condition, que les branchements sont bien effectués et que l'étanchéité est adéquate. Il a la responsabilité d'utiliser l'appareil fourni conformément aux instructions reçues et aux règles qu'on lui a enseignées. Il doit signaler à son superviseur tout dommage ou mauvais fonctionnement de l'appareil. Dès qu'un élément du système de protection des voies respiratoires n'a

plus l'efficacité attendue, il faut le changer, sans attendre. Relativement à cette question, il convient de signaler que pour fonctionner efficacement, un équipement doit être bien utilisé, de façon systématique. À cet égard, la cagoule à adduction d'air présente donc des avantages, du fait que son port est relativement confortable et qu'elle gêne peu la respiration.

Par ailleurs, les systèmes de protection des voies respiratoires doivent être alimentés avec de l'air de qualité respirable. Il convient de se reporter à la norme ACNOR Z180.1, non seulement pour établir les paramètres de qualité de l'air, mais aussi pour vérifier la conception des systèmes de production et de distribution assurant la qualité de l'air respirable. On notera que les systèmes décrits ici ne sont pas conçus pour utiliser de l'oxygène ou de l'air comprimé destiné à faire fonctionner les outils ou les équipements. L'air comprimé qui alimente ce système doit être exempt de contamination; l'admission d'air du compresseur doit être placée de façon à ce que les contaminants présents dans l'air ambiant ne pénètrent pas dans le système. Le compresseur doit donc avoir un bon rendement et ne pas fonctionner à une température supérieure à celle pour laquelle il a été conçu.

Les équipements de protection des voies respiratoires doivent être à débit continu et ajustés pour maintenir la pression positive, ou à débit variable et à pression positive. En outre, leur fonctionnement doit s'adapter au rythme respiratoire du travailleur, qui est lui-même conditionné par l'effort physique exigé par le travail, et par ses caractéristiques personnelles. Enfin, la longueur maximale des boyaux d'alimentation est de 90 m (30 pi) et la pression maximale à l'entrée du système d'alimentation est de 860 kPa (125 lb/po<sup>2</sup>).



Le port d'équipement mal entretenu ou défectueux est, dans un certain sens, plus dangereux que l'absence de protection; ceci est dû au faux sentiment de sécurité que peuvent avoir alors les travailleurs. Pour éviter les risques liés à des situations semblables, il faut donc respecter les règles s'appliquant :

- aux inspections pour déceler toute défectuosité (voir Annexe 1),
- au nettoyage (voir Annexe 2),
- à la désinfection (voir Annexe 3),
- à l'entretien (voir Annexe 4),
- au bon entreposage des équipements, notamment au plan sanitaire (voir Annexe 5).

On se reportera aux procédures en annexe pour avoir plus d'informations sur ces différents aspects, de façon à se conformer aux règles prescrites.

#### 2.1.4

### La vérification du port adéquat de l'équipement

Des tests effectués annuellement permettent d'assurer que chaque équipement est bien adapté à son utilisateur. Des évaluations quantitatives de l'ajustement sont possibles : la technologie existe. Elle permet de mesurer le taux de fuite en ne se fiant pas au sens d'olfaction de l'utilisateur. Aucun appareil ne doit être utilisé par un travailleur si un ajustement satisfaisant n'a pas été réalisé.

Des tests en conditions contrôlées permettent de réaliser une vérification en ambiance normale, soit avec des vapeurs d'acétate d'isoamyl (huile de banane), avec une solution de saccharine en aérosol ou avec de la fumée irritante qui implique une réaction réflexe de toux ou d'éternuement. On y procède en suivant les étapes décrites à l'annexe B de la norme CSA 94.4-93.

Les inconvénients du test avec des vapeurs d'acétate d'isoamyl résident dans le fait que le seuil de détection varie d'une personne à l'autre et que ce seuil peut changer tout au long du test, de telle sorte que seules les grandes concentrations correspondant à de grosses fuites pourraient être détectées. Enfin, pour les travailleurs que les respirateurs gênent, les résultats pourraient être invalides. Le test à la fumée irritante doit être utilisé avec prudence pour éviter tout effet dommageable. La personne qui fait passer le test doit aussi être protégée.

L'équipement de protection est bien ajusté quand il assure une pression positive en toutes circonstances (en mode respiratoire normal, en mode respiratoire forcé, le porteur exécutant des mouvements lents mais exagérés de la tête de chaque côté et de haut en bas, et parlant suffisamment fort pour être entendu par une personne se tenant près).

### 2.1.5 La formation

La formation sur la sélection et l'usage des équipements de protection individuelle présente différents avantages en termes de répercussions sur les attitudes du personnel. Elle assure que les travailleurs fassent une bonne utilisation des équipements et entraîne une diminution des coûts d'entretien. La formation amène les travailleurs à croire dans la protection que leur apporte l'équipement, à respecter cet équipement et à faire ce qu'il faut pour empêcher qu'il se dégrade.

Dans un premier temps, les utilisateurs, les superviseurs et le personnel concerné indirectement par le port de l'équipement de protection respiratoire, comme les responsables de la sélection, les acheteurs et les responsables de l'approvisionnement, devraient recevoir une formation comportant :

- des explications sur la nature des dangers relatifs à l'abrasif et au procédé de décapage au jet d'abrasif;
- une présentation des méthodes de contrôle en vigueur et un exposé sur la nécessité de l'utilisation de l'équipement de protection individuelle ainsi que sur les conséquences d'une mauvaise utilisation;
- des explications sur les règles à respecter pour le choix de l'équipement de protection; et
- une présentation des circonstances nécessitant son port.

Aussi, les superviseurs et les responsables de la sélection, pour améliorer leurs connaissances sur le sujet et sur les pratiques qui en découlent, devraient recevoir une formation complémentaire sur :

- les notions de base en matière de protection respiratoire;
- la nature et l'importance des dangers d'ordre respiratoire auxquels les travailleurs sont exposés;
- la sélection et l'utilisation des équipements de protection respiratoire pour assurer la protection des travailleurs contre les dangers auxquels ils pourraient être exposés; et
- la façon dont ils peuvent contribuer à une bonne utilisation des équipements (en amenant les travailleurs à faire l'entretien qu'ils peuvent assurer, en s'assurant qu'ils portent l'équipement de façon adéquate, en faisant des contrôles sur leur utilisation, et en évaluant leur efficacité).

Pour les utilisateurs, comme cette formation est caractérisée par son aspect pratique, elle devra :

- fournir l'occasion de manipuler l'équipement de protection;
- comporter une partie sur la bonne façon de porter l'équipement, qui comprendra une démonstration, des tests; et
- comprendre un exercice pratique permettant d'apprécier ce qu'est la bonne façon de porter l'équipement, grâce à une période de familiarisation avec le port dans une ambiance normale, et une vérification dans une atmosphère de contrôle selon la méthodologie décrite antérieurement.



Les travailleurs appelés à porter ces équipements devraient connaître les notions de base en matière de protection respiratoire, être entraînés au port de l'équipement sélectionné et être pleinement informés de l'usage de l'équipement. La formation de base devrait donc inclure :

- de l'information sur la nature des dangers aigus et chroniques et sur les conséquences objectives de la non-utilisation de l'équipement de protection;
- des explications sur l'impossibilité de mettre en place des méthodes de contrôle permettant de réduire ou d'éliminer le danger autrement que par le port de l'équipement de protection individuelle;
- une présentation sur la sélection de l'équipement en fonction de l'usage particulier pour des travaux spécifiques comme le décapage au jet;
- une présentation des avantages et des inconvénients de l'équipement;
- des informations et une formation pratique sur la façon d'utiliser l'équipement et sur les mécanismes de supervision couramment mis en œuvre pour assurer que son port est toujours adéquat;
- des sessions d'information et de formation sur la reconnaissance des dangers et sur les comportements de protection;
- et tout autre entraînement spécial pertinent.

Quoique la protection individuelle des voies respiratoires soit prescrite, le danger d'exposition ne se limite pas seulement aux opérations de décapage au jet mais concerne aussi les tâches connexes et les travailleurs dans le voisinage.

## 2.2

### La protection contre les produits abrasifs autre que la protection respiratoire

Le port de la cagoule à adduction d'air permet, outre d'assurer une protection respiratoire, de protéger le visage et la tête contre le rebondissement des particules (art. 3.20.1 du *Code de sécurité pour les travaux de construction* et art. 19 du *Règlement relatif à la qualité du milieu de travail*). Aussi, le port de gants\* et de jambières résistant à l'abrasion, ainsi que d'une combinaison en tissu robuste permet de limiter les risques de blessures lors d'un incident, à moins que le travailleur ne soit isolé du processus. D'ailleurs, le *Code de sécurité pour les travaux de construction* prescrit le port de ces équipements pour le décapage au jet d'abrasif.

Une autre façon de réduire les risques d'accident consiste à utiliser des équipements fonctionnant avec une télécommande (*deadman remote control*). Si le travailleur laisse tomber le boyau, la télécommande arrête immédiatement la machine de décapage.

Il faut en outre éviter que les autres travailleurs soient exposés aux poussières et particules produites par le décapage. D'ailleurs, la salle de décapage est obligatoire lorsque l'activité professionnelle se déroule à l'intérieur d'un établissement (art. 19 du *Règlement sur la qualité du milieu de travail*). Aussi, selon l'article 3.20.5 du *Code de sécurité pour les travaux de construction*, les travaux à l'intérieur doivent être effectués dans un endroit isolé et ventilé par extraction. Il est également important de vérifier l'étanchéité de la salle ou du cabinet afin d'éviter de contaminer l'environnement d'autres postes de travail.

\* La CSST a publié un guide concernant les gants et les mouffles. *Protégeons-nous !, Les équipements de protection individuels, Gants et mouffles*, Guide - Série 6, CSST, 1988.



## Les moyens de protection contre les risques liés à l'utilisation de l'équipement

### Le bruit

Pendant les travaux de décapage au jet d'abrasif, à l'extérieur ou en chambre de décapage, le travailleur est exposé à des niveaux élevés de bruit, et ce, même si la cagoule à adduction d'air peut en modifier l'intensité.

Il n'existe que peu d'études sur les moyens de contrôler à la source le bruit généré par ces opérations de décapage. Il ressort d'une étude qu'il est difficile de réduire le bruit généré par le jet, car toute modification aurait un effet sur l'efficacité du processus. Mais d'autres moyens existent. Le déplacement du compresseur ou de l'unité de dépoussiérage, par exemple, permettrait de réduire le bruit à la source. L'entretien des équipements représente une autre façon d'y parvenir.

Cependant, les mesures de protection individuelle s'avèrent encore nécessaires. Il faut faire usage de bouche-oreilles, d'oreillettes antibruit ou de serre-tête. Le choix de l'un ou l'autre des protecteurs auditifs s'effectuera en tenant compte du procédé utilisé.

Pour réduire le risque de surdité, une rotation des postes de travail de même qu'une alternance travail-repos peuvent être recommandées s'il est impossible par les autres mesures de limiter suffisamment l'exposition au bruit.

Par ailleurs, pour assurer la protection des compagnons de travail, le recours à l'utilisation d'une chambre de décapage peut réduire l'exposition au bruit, à la condition que celle-ci soit isolée au moyen d'un matériau insonorisant, résistant à l'abrasion et très étanche pour éviter toute propagation du bruit à l'intérieur de l'établissement. Il faut donc isoler physiquement et acoustiquement la zone où s'effectue le décapage.

Aussi, dans le cas de travaux exécutés dans une enceinte, la meilleure façon de réduire l'exposition du travailleur au bruit est de faire un choix judicieux pour les matériaux constituant les murs.

En plus de constituer un moyen efficace pour contrôler la présence de contaminants comme les poussières produites par le décapage, l'utilisation d'une cabine ou d'un système automatique de décapage minimise le problème d'exposition au bruit du travailleur.

### Les risques ergonomiques

Les risques ergonomiques sont souvent reliés à la posture de travail :

- les bras et les mains devraient être tenus au niveau du cœur;
- le dos et la tête maintenus bien droits;
- les postures statiques (ex. debout sans mouvement) sont à éviter.

S'il était impossible de changer la posture de travail, il faudrait alors envisager l'alternance travail-repos ou la rotation de poste.

Par ailleurs, si les travailleurs utilisent des échafaudages, il est important que ceux-ci soient ajustés de façon à éliminer les risques ergonomiques reliés à la posture de travail\*.

\* La CSST a publié un guide concernant les échafaudages. *Choisissez vos outils et machines, pour exécuter un travail déterminé, échafaudages*, Guide - Série 4, CSST, 2<sup>e</sup>  dition revue et augmentée, 1991.



### 3.3 Les risques de feu et d'explosion

La production de composés organiques ou de certains composés métalliques, provenant soit de l'abrasif, soit de la pièce travaillée, peut créer, dans un milieu fermé, des situations dangereuses. Celles-ci peuvent engendrer la formation de mélanges dont les concentrations se situent à l'intérieur des limites d'explosibilité ou d'inflammabilité. Pour réduire ce danger, une bonne ventilation à l'intérieur du site de décapage s'avère importante.

De plus, il faut éviter l'accumulation de poussières par le nettoyage régulier des lieux de travail.

La buse devra être reliée à la machine à décaper au moyen d'un fil conducteur lorsque le boyau de décapage n'est pas antistatique, pour éviter tout risque d'explosion. En toutes circonstances, la machine à décaper doit être mise à la terre.



## 4

# Les moyens de protection contre les risques inhérents aux lieux de travail

### 4.1

## Les chutes

L'accumulation de poussières au sol et sur l'aire de travail peut constituer un risque de chute d'autant plus important qu'il n'est pas perçu.

Les décapeurs des chantiers à l'extérieur sont souvent dans une situation de travail en hauteur, sur des échafaudages, dans des nacelles, etc. La CSST a élaboré un guide relatif à la protection contre les chutes\*. Quand des travaux sont à exécuter dans ces conditions, il est important de le consulter.

Autant dans le cas du travail en hauteur que dans celui du travail au sol, c'est dans la bonne tenue des lieux de travail que réside une partie des solutions. L'utilisation de bottes antidérapantes, aussi, peut éviter des accidents.

Enfin, le travailleur doit avoir une bonne méthode de travail (par exemple : tenir le boyau à deux mains); à cette fin, il est important qu'il reçoive une formation adéquate.

\* *Protégeons-nous !, Les équipements de protection individuels, Protection contre les chutes, Guide - Série 6, CSST, 1985.*

### 4.2

## La chambre de décapage


Lorsque le travailleur exécute son travail à l'intérieur d'une chambre de décapage, il est nécessaire qu'il soit visible de l'extérieur. Une situation de danger peut ainsi être détectée rapidement. À cette fin, la chambre devrait être munie d'une ou de plusieurs fenêtres d'observation. Celles-ci devront être nettoyées régulièrement pour que les poussières n'empêchent pas de voir à travers. Un éclairage adéquat est aussi indispensable.

Finalement, nous ne saurions trop insister sur l'importance d'un bon entretien des équipements et d'une formation efficace donnée aux opérateurs pour assurer la sécurité des travailleurs et la protection de leur santé.

## Les dispositions générales

En plus des dispositions spécifiques relatives aux opérations de décapage effectuées à l'intérieur (dans une chambre ou une cabine isolée dont la ventilation par extraction entraîne une légère pression négative) et celles relatives à la protection du travailleur (port d'une cagoule à adduction d'air approuvée par le NIOSH et alimentée en air de qualité respirable conforme à la norme CSA Z 180.1 - M 1985 et de gants, de jambières, de vêtements de protection contre les poussières et la projection de particules, sauf pour le décapage dans une cabine), les dispositions générales suivantes s'appliquent :

- Les travailleurs doivent recevoir une formation portant sur les dangers de l'exposition aux poussières contenant de la silice, les risques associés au décapage au jet, les méthodes sécuritaires de travail, la protection respiratoire et les autres mesures préventives;
- Les décapeurs au jet utilisant du sable contenant de la silice ou effectuant des travaux sur des surfaces constituées de matériaux contenant du plomb doivent être soumis à une surveillance médicale;
- L'utilisation d'un abrasif contenant moins de 1 % de silice cristalline est recommandée;
- Les abrasifs dits « à service unique » ne doivent jamais être réutilisés;
- Il est recommandé de n'utiliser les abrasifs secs qu'à l'intérieur d'une enceinte isolée;
- Le procédé humide est recommandé pour contrôler l'émission de poussières;
- Pour être sûre, une buse doit être munie d'une télécommande à distance de type homme-mort, en état de fonctionner et protégée contre une mise en marche accidentelle;
- Le boyau doit être conçu spécifiquement pour le décapage, être en bon état, antistatique et assurant la continuité électrique; les accouplements doivent être munis d'une chaîne de sécurité, d'un dispositif autoverrouillant ou d'un dispositif de blocage;
- Les récipients sous pression doivent être conformes à la *Loi des appareils sous pression et autres dispositions législatives* (L.Q., 1979, c. 75; après refonte : *Loi sur les appareils sous pression*, L.R.Q., c. A-20.01) et à ses règlements;
- Les pièces mobiles des équipements doivent être protégées par des gardes;
- La buse, la pièce à décaper de même que les réservoirs de matières inflammables ou combustibles doivent être mis à la terre;
- Lorsque l'atmosphère est inflammable ou explosive, les constructions et équipements doivent être conformes aux normes NFPA et les installations électriques conformes au *Code de l'électricité du Québec*;
- La chambre de décapage doit être munie d'une porte donnant sur l'extérieur ou d'une porte étanche donnant sur l'intérieur; la présence d'une fenêtre facilite la surveillance de l'opérateur;
- Un échantillonnage de l'air près des chambres et des cabines doit être fait pour vérifier l'étanchéité des installations; dans le cas de travaux connexes et pour protéger les autres travailleurs à proximité, la qualité de l'air doit être conforme à l'annexe A du *Règlement sur la qualité du milieu de travail*;

- 
- L'échantillonnage de l'air à l'intérieur de la cagoule doit être effectué annuellement;
  - Les aires extérieures de projection d'abrasif devraient être isolées au moyen de cordes et signalées par des pancartes; elles ne doivent pas constituer une source de contamination pour d'autres postes de travail;
  - La bonne tenue des lieux de travail est un facteur nécessaire pour assurer la sécurité des travailleurs; une attention particulière doit être portée à la présence d'abrasif au sol et à l'encombrement des lieux par les boyaux;
  - L'air sous pression ne doit jamais être utilisé pour nettoyer les vêtements;
  - La qualité de l'éclairage doit être conforme aux exigences de l'article 41 du *Règlement sur la qualité du milieu de travail*.



# Annexe 1

## Méthode d'inspection des équipements de protection respiratoire

L'équipement doit être vérifié au complet et toute défectuosité ou mauvais fonctionnement doit être corrigé avant chaque utilisation. En aucune circonstance, un équipement trouvé défectueux ne devra être utilisé; si les réparations ou les réglages à faire sont considérés comme mineurs, on pourra les effectuer juste avant l'utilisation; dans le cas de problèmes importants, les équipements doivent être mis hors service jusqu'à leur réparation.

Il existe deux types d'inspection :

- ① Les inspections avant et après chaque période d'utilisation, effectuées par les travailleurs selon les instructions reçues, consistent en une vérification
  - du système d'alimentation pour s'assurer que
    - les boyaux, accessoires de raccordement et embouts ne présentent pas de bris, de défectuosités, de fissures ou d'entortillements;
    - les raccords sont étanches et tous les joints nécessaires sont présents;
    - les détendeurs, soupapes et autres dispositifs réglant la circulation d'air sont en bon état, fonctionnent bien et sont bien réglés.
  - de la cagoule et de la partie faciale pour s'assurer que
    - toutes les pièces sont d'origine et en bon état;
    - qu'elles sont propres et ne présentent pas de déchirures, lacérations, trous, déformations ou marques d'usure;
    - les parties caoutchoutées sont flexibles et ont conservé toute leur élasticité;
    - les coutures sont dans un état normal;
    - les sangles d'amortissement du serre-tête ou le jeu de brides sont en bon état;
    - les sangles, boucles et attaches sont dans un état normal;
    - la visière (ou oculaire) n'est pas cassée ou détériorée, qu'elle ne présente pas d'égratignures ou de fendillements, qu'elle est correctement montée, qu'elle s'ajuste parfaitement sur le masque et qu'aucune pince ne manque.
- ② Les inspections effectuées au moins une fois par mois lors des activités de nettoyage entreprises par du personnel compétent consistent non seulement à vérifier le système d'alimentation et la cagoule conformément aux indications ci-dessus, mais aussi à vérifier leur état de propreté et l'étanchéité du montage.

Toutes les données relatives aux activités d'inspection devraient être consignées dans un registre prévu à cette fin.



## Annexe 2

# Méthode de nettoyage des équipements de protection respiratoire

Les équipements doivent être nettoyés chaque jour par du personnel compétent. Les différentes étapes sont :

- ❶ Démontez les parties de la cagoule, changez ou réparez les pièces défectueuses;
- ❷ Lavez chaque pièce dans une solution d'eau chaude (à 50 °C ou 120 °F) avec un détergent doux à l'aide d'une brosse à poils souples; ne jamais utiliser de solvant;
- ❸ Rincez chaque pièce à l'eau claire et chaude (à 50 °C ou 120 °F) pour éliminer toute trace de détergent ou nettoyeur;
- ❹ Appliquez la procédure de désinfection s'il y a lieu;
- ❺ Faire sécher les pièces sur un support ou sur une surface propre en prenant les précautions voulues pour qu'elles ne soient pas déformées;
- ❻ Inspectez et remontez les pièces sèches dans une zone différente de celle du démontage pour prévenir la contamination. On doit alors vérifier l'étanchéité des appareils et corriger toute défectuosité.



## Annexe 3

# Méthode de désinfection des équipements de protection respiratoire

Cette façon de procéder a une très grande importance quand les équipements ne sont pas affectés individuellement aux travailleurs. Dans les cas où ils le sont, il est recommandé d'identifier par un marquage chacune des pièces de chaque équipement pour s'assurer que le travailleur recevra son appareil assemblé à partir des pièces qui sont les siennes. Des mesures préventives devront être prises dans ces circonstances pour éviter toute détérioration de l'équipement.

Les équipements doivent être désinfectés hebdomadairement par du personnel compétent.

De plus, sauf dans des circonstances exceptionnelles où la vie d'une personne serait en danger, un équipement ne pourra être passé d'un utilisateur à un autre sans avoir été nettoyé et désinfecté par immersion des pièces au moins deux minutes dans un bain de l'une des deux solutions suivantes :

- solution d'hypochlorite (50 ppm de chlore, soit 2 ml d'eau de Javel par litre d'eau ou 2 cuillères à table par gallon); ou
- solution iodée (50 ppm d'iode, soit 0,8 ml de teinture d'iode par litre d'eau ou 1 cuillère à thé par gallon).

Après avoir été immergées dans le bain, les pièces doivent être rincées abondamment à l'eau chaude pour enlever toute trace de désinfectant résiduel; cette étape est importante pour la prévention de la dermatite et des irritations cutanées.





## Annexe 4

# Méthode d'entretien des équipements de protection respiratoire

Les activités d'entretien consistent à remplacer toutes les pièces fissurées, déchirées, brisées, manquantes ou usées, aussi bien de la cagoule et de la partie faciale que du système d'alimentation en air, avant de se servir de l'équipement. On doit veiller à ne pas remplacer les pièces venant d'un fabricant par des pièces produites par un autre fabricant. Il y a donc un intérêt à conserver un stock suffisant de pièces de rechange. Toutes les données relatives aux activités d'entretien devraient être consignées dans un registre prévu à cette fin.



## Annexe 5

# Méthode d'entreposage des équipements de protection respiratoire

L'entreposage devra être conçu pour éviter la contamination ou la détérioration des équipements. Les équipements doivent être rangés dans un endroit propre et sec, à l'abri de la poussière, des rayons du soleil, de la chaleur, du froid extrême, de l'humidité excessive, des produits chimiques, des parasites et de tout risque éventuel qui pourrait avoir un effet préjudiciable pour ces appareils. L'utilisation d'un sac en plastique scellé est recommandé. On doit aussi veiller à ne pas déformer les équipements en ne les empilant pas et en les disposant de la façon la plus normale possible. Aussi, l'armoire de rangement doit être facilement accessible et ne gêner d'aucune manière les opérations.

Des précautions devront aussi être prises par les utilisateurs pour éviter leur contamination pendant les pauses, les repas ou les périodes de non-utilisation : ainsi, on ne doit pas les laisser dans un lieu contaminé, dans un coffre à outils ou dans une case avec des vêtements contaminés, ni dans un endroit chaud, humide ou froid.

# Bibliographie

*Alberta Workers' Health, Safety and Compensation, Health Survey of Sandblasting Operations in Alberta - Study Report*, juillet 1983.

ALLEYNE, B. C. et autres. « Hearing Loss in Sandblasters », *Canadian Journal of Public Health*, vol. 76, juillet-août 1985.

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. *Ignition Hazards Involved in Abrasive Blasting of Atmospheric Storage Tanks in Hydrocarbon Service*, API Publication 2027, 2<sup>e</sup> édition, juillet 1988.

ANGERS, J.-Y., P. PELLETIER et J. ANGERS. *Olivine : un substitut à la silice - Décapage au jet* (Actes du VIII<sup>e</sup> Congrès de l'Association pour l'hygiène industrielle au Québec), mai 1986.

ASSOCIATION CANADIENNE DE NORMALISATION. *Choix, entretien et utilisation des appareils de protection respiratoire- Z94.4-M*, 1982 et 1993.

ASSOCIATION PARITAIRE POUR LA SANTÉ ET LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL - SECTEUR ADMINISTRATION PROVINCIALE. *Nettoyage par jet d'abrasif - moyens de prévention*, mai 1987. (Brochure)

ASSOCIATION POUR L'HYGIÈNE INDUSTRIELLE AU QUÉBEC. *Actes du Colloque sur le nettoyage par jet abrasif*, 1986, 1987 et 1995.

ASSOCIATION SECTORIELLE PARITAIRE - SECTEUR CONSTRUCTION. *Le nettoyage au jet abrasif*, 1990. (Dépliant)

ASSOCIATION SECTORIELLE PARITAIRE - SERVICES AUTOMOBILES. *Nettoyage par jet d'abrasif*, décembre 1986. (Projet)

ASSOCIATION SECTORIELLE PARITAIRE - SERVICES AUTOMOBILES. *Rapport d'évaluation sommaire de l'exposition des travailleurs aux poussières générées lors de l'opération de nettoyage par jet d'abrasif à base d'olivine dans les ateliers de réparation de carrosseries*, juin 1987.

BANQUES DE DONNÉES INFORMATISÉES - NIOSHTIC, HSELINE, CISDOC.

BÉGIN, R. et autres. « Carborundum Pneumoconiosis - Fibers in the Mineral Activate Macrophages to Produce Fibroblast Growth Factors and Sustain the Chronic Inflammatory Disease », *Chest*, vol. 95, avril 1989, p. 842-849.

BELSOLE, R. J., J. NOLAN et R. D. EICHBERG. « Sandblasting injury of the hand », *The Journal of Hand Surgery*, vol. 7, n° 5, septembre 1982.

BERNSTEIN, I. et autres. *Asthma in the Workplace*, 1993.

BIRKNER, L.R. *Respiratory Protection - A Manual and Guideline*, American Industrial Hygiene Association, 1980.

BRIÈRE, C. et autres. *Document d'information sur la silice*, Hôpital Maisonneuve-Rosemont, Département de santé communautaire, Programme de santé au travail, novembre 1984.

BUNN, W. B., G. R. CHASE et R. A. VERSEN. « The Health and Safety Aspects of Man-Made Mineral Fibers », *Ceramic Engineer Sciences Process*, vol. 11, 1990, p. 69-79.

BUREAU INTERNATIONAL DU TRAVAIL. *Sécurité et hygiène dans l'industrie du fer et de l'acier*, Recueils de directives pratiques.

CAISSE NATIONALE SUISSE D'ASSURANCE EN CAS D'ACCIDENTS ET DE SÉCURITÉ AU TRAVAIL. *Décapage au jet*, Feuillet d'information n° 11033, 1<sup>re</sup> édition, 3-1981.

CANADIAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION. *Handbook of Steel Construction*, 5<sup>e</sup> édition, Willowdale (Ontario), 1991.

CENTRE CANADIEN D'HYGIÈNE ET DE SÉCURITÉ AU TRAVAIL. *Infogram sécurité K06 : Équipement de protection individuelle - protecteurs auditifs*, janvier 1989.

CENTRE CANADIEN D'HYGIÈNE ET DE SÉCURITÉ AU TRAVAIL. *Infogram sécurité K10 : Équipement de protection individuelle - Protection des mains*, janvier 1989.

CHANTAL, C. et B. VIGNERON. « Identification et connaissance du risque toxique chez les peintres », *Revue de médecine du travail*, tome XXI, n° 3, 1994.

CHERRIE J. et J. DODGSON. « Past Exposure to Airborne Fibers and Other Potential Risk Factors in the European Man-made Mineral Fiber Production Industry », *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, vol. 12, supplément 1, 1986, p. 26-33.

COMMISSION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ DU TRAVAIL. *Le jet de sable et la silicose*, Alerte Action, n° 26, avril 1987.

CONSEIL CANADIEN DE LA SÉCURITÉ. *Abrasive Blasting*, Pamphlet n° A-2, 1981.

CONSTRUCTION SAFETY ASSOCIATION OF ONTARIO. *Spray Painting and Sandblasting, a Practical Guide for Occupational Health and Safety*.

COSSETTE, M. « Comparaisons, aspects santé, entre l'olivine synthétique et les autres abrasifs », Colloque sur le nettoyage par le jet d'abrasif de l'Association pour l'hygiène industrielle au Québec, Saint-Hyacinthe (Québec), 1986. (Conférence)

COSSETTE, M., P. PELLETIER et J.-Y. ANGERS. « L'olivine synthétique dans les fonderies et sidérurgie », American Industrial Hygiene Conference, Montréal (Québec), juin 1987. (Conférence)

- DALAGER, N. A. et autres. «Cancer Mortality Among Workers Exposed to Zinc Chromate Paints», *Journal of Occupational Medicine*, vol. 22, n° 1, janvier 1980.
- DAVIS, J. M. «Lung Cancer Mortality Among Workers Making Lead Chromate and Zinc Chromate Pigments at Three English Factories», *British Journal of Industrial Medicine*, vol. 41, 1984, p. 158-169.
- DE MERS, François. «Pratiques de travail saines et sécuritaires dans les garages et ateliers de réparation», Le Fomme, 1983.
- DONALDSON, H. M., et L. E. STETTLER. «Industrial Hygiene Survey», Land and Marine Enterprises Abrasive Blasting Division, Harvey (Louisiane), Government Reports Announcement & Index, Issue 06, 1983.
- DUFRESNE, A. et autres. «Pulmonary Dust Retention in a Silicon Carbide Worker», *American Industrial Hygiene Association Journal*, vol. 54, n° 6, 1993, p. 327-330.
- DUFRESNE, A. et autres. «Pulmonary Clearance of Fibrous and Angular SiC Particulates in the Sheep Model of Pneumoconiosis», *Annals of Occupational Hygiene*, vol. 36, n° 5, 1992, p. 519-530.
- DURAND, P., N. GOYER et M. CÔTÉ. «Effets toxiques de l'olivine, du sable SNA et de la silice», L'IRSST, février 1985.
- EKLUND, A. et autres. «Characteristics of Alveolar Cells and Soluble Components in Bronchoalveolar Lavage Fluid from Non-smoking Aluminium Potroom Workers», *British Journal of Industrial Medicine*, vol. 46, n° 11, novembre 1989, p. 782-786.
- ELDLING, C. et autres. «Mortality and Cancer Incidence Among Workers in an Abrasive Manufacturing Industry», *British Journal of Industrial Medicine*, vol. 44, 1987, p. 57-59.
- FARRELL, B.W., D.M.F. ENGLISH et D. FORSTER. «Sandblasting and Shotblasting», *Encyclopedia of Occupational Health and Safety*, vol. 2, 1983, p. 1995-1998.
- FRIBERG, L., G. F. NORDBERG et V. B. VOUK. *Handbook of the Toxicology of Metals*, Elsevier / North - Holland Biomedical Press, 1979.
- GÉRIN, M. et D. BÉGIN. «Substitution des solvants en milieu de travail», Études et recherches, L'IRSST, mai 1995. (Rapport n° 098)
- GLINDMEYER, H. W. et Y. Y. HAMMAD. «Contribution Sandblasters' Silicosis : Inadequate Respiratory Protection Equipment and Standards», *Journal of Occupational Medicine*, vol. 30, n° 12, décembre 1988.
- GROSS, U. et autres. «The response of bone to surface-active glasses / glass-ceramics», *CRC Critical Review, Biocompatibility*, vol. 4, n° 2, 1988.
- HÔPITAL SAINT-LUC (DÉPARTEMENT DE SANTÉ COMMUNAUTAIRE). *Fichier-cadre : peintre décapeur*, avril 1985.
- INDUSTRIAL ACCIDENT PREVENTION ASSOCIATION. *Substitute Abrasives for Abrasive Blasting Operations*, 1986.
- INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE. *Décapage, dépolissage au jet libre en cabine*, Guide pratique de ventilation n° 14 - ED 768, Cahiers de notes documentaires n° 154, 1<sup>er</sup> trimestre 1994.
- LAUWERYS, R. *Toxicologie industrielle et intoxications professionnelles*, 2<sup>e</sup> édition, Masson, Paris, 1982.
- LLOYD, E. *Chemical Composition of Coal and Other Mineral Slags*, National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Biomedical and Behavioral Science, 1982.
- LOGUE, O. T. «Safety and Pneumoconioses : Abrasive Blasting and Protective Respiratory Equipment», *Coating & Lining*, septembre 1991.
- MACKAY, G. R. «Fibrogenic Potential of Slags Used as Substitutes for Sand in Abrasive Blasting Operations», *American Industrial Hygiene Association Journal*, vol. 41, n° 11, 1980, p. 836-842.
- MARCER, G. «Pulmonary Impairment in Workers Exposed to Silicon Carbide», *British Journal of Industrial Medicine*, vol. 49, 1992, p. 489-493.
- MIDTGARD, U. et J. E. JELNES. «Toxicology and Occupational Hazards of New Materials and Processes in Metal Surface Treatment, Powder Metallurgy, Technical Ceramics and Fiber-Reinforced Plastics», *Scandinavian Journal of Work and Environmental Health*, 1991, vol. 17, p. 369-379.
- MINISTÈRE DE LA SANTÉ NATIONALE ET DU BIEN-ÊTRE SOCIAL. Groupe d'étude sur les maladies respiratoires professionnelles (pneumoconioses), Paris, février 1979.
- MINISTÈRE DES TRANSPORTS (SERVICE DE L'ENVIRONNEMENT). *Guide de bonnes pratiques pour le décapage et le peinturage des structures métalliques des ponts*, Gouvernement du Québec, 1982.
- NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH. «Request for Assistance in Preventing Silicosis and Deaths from Sandblasting», Alert, Center for Diseases Control, août 1992.
- NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH. «Walkthrough Survey Report : HVLV Control Technology for Auto Body Shop Sanding at Kay Parke Autobody Rebuild Inc.», septembre 1983. (Rapport n° 145.17 a)
- NATIONAL SAFETY COUNCIL. *Abrasive Blasting*, Occupational Safety and Health Data Sheet 433 Rev., 1994.

- NATIONAL STANDARD OF CANADA. *Compressed Breathing Air and Systems*, CAN3-Z180.1-M85, décembre 1985.
- NEUFELD, R. D. et autres. «Chemical and Biological Properties of Coal Conversion Solid Wastes; Final Report», Government Reports Announcements & Index, Issue 03, Department of Energy, Washington, 1988.
- NIOSH. «Technology in the Foundry and Secondary Non-Ferrous Smelting Industries», NIOSH, Division of Physical Sciences and Engineering, Chicago (Illinois), décembre 1979.
- OREGON WORKER'S COMPENSATION DEPARTMENT. *Abrasive Blasting - Oregon Occupational Safety and Health Code*, Oregon Administrative Rules, Chapter 437, effective November 1, 1975.
- OSTERMAN, J. W. *Respiratory Effects of Airborne Exposures Among Silicon Carbide Production Workers*, Faculty of The Harvard School of Public Health, Boston, 1987.
- PAIRON, J. C. et autres. *Exposition professionnelle à la silice cristalline et cancer broncho-pulmonaire*, Archives des maladies professionnelles, vol. 53, n° 4, 1992, p. 257-274.
- PARTANEN, T. et autres. «Increased Incidence of Lung and Skin Cancer in Finnish Silicotic Patients», Journal of Occupational Medicine, vol. 36, n° 6, juin 1994.
- PIGOTT, G. H., B. A. GASKELL et J. ISHMAEL. «Effects of a Long Term Inhalation of Alumina Fibres in Rats», British Journal of Experimental Pathology, vol. 62, 1981, p. 323-331.
- PRITCHARD, J. A. *A Guide to Industrial Respiratory Protection*, U.S. Department of Health, Education and Welfare, Public Health Service, Center for Disease Control, National Institute for Occupational Safety and Health, juin 1976.
- RIOUX, M. et J. TURCOT. *Profil statistique des nouveaux cas de maladies professionnelles pulmonaires chez les travailleurs exposés à la silice et à l'amiante 1988-1989-1990*, CSST, Direction des services médicaux, avril 1991.
- SCHEUCHENZUBER, W. J., A. ZARKOWER et M. L. ESKEW. *Immunological Alterations in the Mouse Following Injection or Inhalation of Silica and Olivine Sand Dusts*, Environmental Research, vol. 27, n° 2, 1982, p. 398-411.
- SCHRIMER, J. «Response from Schrimmer», American Journal of Public Health, vol. 81, n° 4, avril 1991.
- SILBERGELD, E. K. «Lead Exposure in Sandblasting», American Journal of Public Health, vol. 81, n° 4, avril 1991.
- SMITH, S. L. «Silicosis : A Dusting of Death», Occupational Hazards, avril 1994.
- SMITH, T. J. et autres. «Respiratory Exposures Associated with Silicon Carbide Production : Estimation of Cumulative Exposures for an Epidemiological Study», British Journal of Industrial Medicine, vol. 41, 1984, p. 100-108.
- SPENCER, G. T. *Programmes de protection individuelle - Rôle et mise en application*, Centre canadien d'hygiène et sécurité, P88-2F, février, 1988.
- STETTLER, L. E. et autres. «Fibrogenicity and Carcinogenic Potential of Smelter Slags Used as Abrasive Blasting Substitutes», Journal of Toxicology and Environmental Health, vol. 25, n° 1, 1988, p. 35-56.
- STETTLER, L. E. et autres. *Fibrogenic Effects and Chemical Characterisation of Coal and Mineral Slags Used as Sand Substitutes*, Health issues related to metal and non-metallic mining, Wagner-Rom-Merchant Editors, Boston ( Mass.), Butterworth Publishers, 1983, p. 135-160.
- SURATT, P. M., W. C. WINN Jr. et A. R. BRODY. «Acute Silicosis in Tombstone Sandblasters», American Review of Respiratory Disease, vol. 115, 1977.
- SZYMCZYKIEWICZ, K., H. WOZNIAK H. et Zylka WLOSZCZYK. «Aggressiveness of Copper Slag Dust», Med-Pr, vol. 35, n° 3, 1984.
- VAN HIEP, Nguyen. «La ventilation des travaux de nettoyage par jet d'abrasifs», L'IRSST, novembre 1986.
- VAN VLACK, L. H. *Elements of Materials, Science and Engineering*, Third Edition, Addison - Wesley Publishing Company, 1977.
- VAUGHAN, G. L., J. JORDAN et S. KARR. *The Toxicity, in Vitro, of Silicon Carbide Whiskers*, Environmental Research 56, 1991, p. 57-67.
- VILLENEUVE, E. O. *La protection respiratoire, un guide*, Mines Noranda Limitée, 1981.
- WILSON, T. et autres. «Comparative Pathological Aspects of Chronic Olivine and Silica Inhalation in Mice », Environ-Res., vol. 39, n° 2, 1986, p. 331-344.