

## Notes techniques

# CAPTAGE DES POUSSIÈRES DE SILICE SUR LES CHANTIERS DE RABOTAGE ROUTIER AUX ÉTATS-UNIS

**Le rabotage des revêtements routiers peut exposer les travailleurs à des agents dangereux comme les poussières de silice cristalline. Un partenariat impliquant des constructeurs de raboteuses, des entreprises utilisatrices, les partenaires sociaux et des organismes gouvernementaux américains permet de mener depuis 2003 des travaux de recherche et propose aux constructeurs des solutions efficaces permettant de limiter l'exposition des travailleurs. Cet article présente les principales conclusions et recommandations issues de ces travaux applicables dans l'état au contexte français.**

---

**DUANE  
HAMMOND,  
KEN MEAD**  
NIOSH

---

**COSMIN  
PATRASCU**  
INRS,  
département  
Expertise  
et conseil  
technique

---

**FRANCIS  
BONTHOUX**  
INRS,  
département  
Ingénierie des  
procédés

---

**E**n France, afin d'améliorer la prévention du risque chimique dans les travaux routiers, différents organismes ont mené conjointement des travaux depuis 2011. Il s'agit de l'Union des syndicats de l'industrie routière française (Usirf), la Fédération nationale des travaux publics (FNTF), la Direction générale du travail (DGT), la CNAMTS, l'INRS, le Groupement national multidisciplinaire de santé au travail dans le BTP (GNMST-BTP) et l'Organisme professionnel de la prévention du bâtiment et des travaux publics (OPPBTB). Un des principaux résultats a été la diminution de l'exposition aux agents chimiques dangereux lors des travaux de recyclage routier. Par ailleurs, ce groupe a publié une collection de fiches de prévention et, en particulier, la fiche n°4<sup>1</sup>. Celle-ci décrit les mesures de prévention qu'il est recommandé de mettre en œuvre lors des opérations – d'une certaine envergure – de rabotage de chaussées réalisées à l'aide de raboteuses équipées de fraises d'au moins un mètre de largeur. Il est notamment recommandé d'utiliser des machines équipées d'un dispositif de captage des poussières au niveau de la zone de fraisage qui permet une réduction significative de l'exposition des opérateurs aux poussières, notamment celles de silice (Cf. Encadré 1).

Si, en Europe, l'expérience avec ce type de raboteuses équipées de dispositifs d'aspiration de poussières est limitée, aux États-Unis, en revanche, un projet de recherche collaboratif impliquant des constructeurs de raboteuses, des entreprises utilisatrices, les partenaires sociaux et des organismes

gouvernementaux dans le cadre du partenariat « silice/raboteuses » a été lancé dès 2003 (Cf. Encadré 2). Cet article présente la synthèse de leurs travaux et de leurs conclusions, qui sont en parfait accord avec les recommandations de l'INRS. Leurs préconisations sont transposables en l'état au contexte français et européen, car les risques et les machines sont similaires.

### Résultats et conclusions de l'étude du NIOSH

L'étude du NIOSH recommande aux constructeurs de raboteuses de mettre en œuvre des mesures de prévention pour diminuer l'exposition aux poussières de silice, au moyen de dispositifs d'aspiration/captage et par pulvérisation d'eau. Le but est de limiter l'exposition des travailleurs à la silice cristalline alvéolaire lors du rabotage des revêtements routiers [3]. Dans le cadre des tests de performance, chaque modèle de dispositif de captage conçu pour réduire l'exposition sur les raboteuses doit être évalué dans un environnement contrôlé (atelier ou entrepôt) où son efficacité peut être mesurée par des tests au fumigène ou au gaz traceur. Utilisé comme mesure qualitative pour visualiser les écoulements d'air autour de la cloche de fraisage de la raboteuse et autour des convoyeurs, le test au fumigène constitue une aide à la préparation des tests au gaz traceur. Ces derniers sont utilisés pour la mesure quantitative du débit d'air et de l'efficacité de captage du système d'aspiration conçu pour prévenir les émissions de silice cristalline alvéolaire dans la zone respiratoire des salariés. Les méthodes

**RÉSUMÉ**

En France, pour diminuer l'exposition à la silice lors des travaux de recyclage routier, il est conseillé d'équiper les raboteuses d'un dispositif de captage des poussières. Aux États-Unis,

des mesures ont été réalisées en atelier et sur le terrain sur le sujet depuis 2003 et ont fait l'objet d'une publication (NIOSH 2015-105)<sup>2</sup>. Une efficacité de captage des poussières supérieure à 90 %

est préconisée. Un protocole de vérification de cette efficacité a été publié (annexe B, NIOSH 2015-105) et serait applicable en l'état au contexte français.

**Collecting silica dust on road planing sites in the United States**

*In France, to reduce exposure to silica during road surface recycling ("asphalt pavement milling") work, it is recommended for the planers ("millers") to be equipped with dust collection systems. In the*

*United States, measurements have been taken on the subject both in the workshop and in the field since 2003, and those measurements have been presented in a publication (NIOSH 2015-105)<sup>2</sup>. Dust*

*capture efficiency of greater than 90% is recommended. A protocol for verifying that efficiency has been published (Appendix B, NIOSH 2015-105) and would be applicable as it stands to the French context.*

de test de laboratoire au fumigène et au gaz traceur permettant d'évaluer les systèmes de captage mis en place sur les raboteuses sont décrites dans l'annexe A de l'étude [3].

Une bonne application de ces méthodes accroît la probabilité que les systèmes de captage mis en place donnent les résultats recherchés lors des opérations de rabotage de revêtements routiers en conditions réelles. En outre, le NIOSH recommande que chaque constructeur applique les procédures pour conduire des essais de terrain sur un modèle représentatif de raboteuse d'un mètre de largeur ou plus, neuve et équipée des systèmes de captage. Ce protocole d'essai sur le terrain est décrit dans l'annexe B de l'étude du NIOSH [3]. Il a pour objet de vérifier, en conditions réelles, que les systèmes de captage et de pulvérisa-

tion d'eau protègent les travailleurs conformément aux attentes. Les recommandations de l'étude ne doivent pas empêcher les constructeurs de réduire l'exposition aux poussières lorsque de nouvelles techniques ou innovations seront disponibles, les procédures de l'annexe B étant utilisables pour évaluer les mesures de réduction de l'empoussièrement non seulement actuelles, mais aussi futures.

Dans le cadre du partenariat « silice/raboteuses », les ingénieurs de chaque constructeur de raboteuses ont conçu des systèmes de captage de poussière et de pulvérisation d'eau en suivant les recommandations du NIOSH, c'est-à-dire en tenant compte des aspects suivants :

- degré d'encoffrement de la cloche de fraisage et des convoyeurs;

**ENCADRÉ 1****RABOTAGE ET EXPOSITION À LA SILICE**

L'inhalation des poussières alvéolaires de silice peut provoquer une silicose, une fibrose pulmonaire grave et invalidante. L'exposition à la silice cristalline a également été associée au cancer du poumon, à des maladies auto-immunes et à d'autres effets néfastes sur la santé. Les poussières de silice cristalline, sous forme de quartz ou de cristobalite, sont classées dans le groupe 1 des cancérigènes avérés par le Centre international de recherche sur le cancer (Circ). La silice cristalline n'est pas classée réglementairement

en Europe. En France, les VLEP réglementaires et contraignantes (poussières alvéolaires) pour le quartz sont de 0,1 mg/m<sup>3</sup> et de 0,05 mg/m<sup>3</sup> pour la cristobalite et la tridymite. Certaines pathologies provoquées par l'inhalation de silice cristalline peuvent être reconnues au titre du tableau n° 25 de maladies professionnelles du régime général de la Sécurité sociale. Bon nombre de travaux de construction ont été associés à une exposition excessive à la silice cristalline [1]. Le rabotage de routes

a, en particulier, été identifié comme pouvant induire une exposition excessive à la silice cristalline alvéolaire [1,2]. Cependant, ces deux études relatives au rabotage de routes ne fournissent pas suffisamment d'informations sur les paramètres opérationnels et les mesures de prévention mises en œuvre sur les raboteuses pour qu'il soit possible de déterminer si les expositions excessives étaient liées à l'absence de mesures de protection efficaces ou à une mauvaise maintenance des machines.



ENCADRÉ 2

LES TRAVAUX DU PARTENARIAT « SILICE/RABOTEUSES » AUX ÉTATS-UNIS

Le partenariat « silice/raboteuses » a été créé au cours de la réunion annuelle de l'Association nationale de l'industrie des revêtements routiers (*National Asphalt Pavement Association, NAPA*). Coordonné par la NAPA, ce partenariat réunit tous les constructeurs américains et étrangers vendant actuellement des raboteuses sur le marché américain, plusieurs entreprises utilisatrices, l'Union internationale des opérateurs ingénieurs, la *Laborers International Union of North America* (Syndicat ouvrier des USA), l'*Association of Equipment Manufacturers*,

et des organismes gouvernementaux tels que l'*Occupational Safety and Health Administration (OSHA)*, la *Federal Highway Administration* et le *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)*. En 2015, le NIOSH, appartenant aux *Centers for Disease Control and Prevention (CDC)*, a publié un document intitulé *Best Practice Engineering Control Guidelines to Control Worker Exposure to Respirable Crystalline Silica during Asphalt Pavement Milling* [3], qui décrit les travaux effectués depuis 2003 et résume les bonnes pratiques de prévention pour

limiter l'exposition aux poussières alvéolaires de silice cristalline lors du rabotage de revêtements routiers. Ce document décrit les solutions efficaces de captage/aspiration des poussières et de pulvérisation d'eau applicables aux raboteuses d'un mètre de largeur ou plus. Il présente aussi les méthodes d'essai (en atelier et sur le terrain) pour évaluer l'efficacité de ces solutions. Il est à noter que le NIOSH et les membres du partenariat n'ont pas évalué l'efficacité de ces mesures de prévention sur des types de revêtements autres que bitumineux (béton, par exemple).

- conception du système de captage (hotte, conduits...);
- débit d'air requis;
- robustesse et bruit du système de captage;
- mesures de prévention du colmatage du système de captage.

La cloche de fraisage et les convoyeurs de la raboteuse doivent être conçus dans le but d'assurer un degré maximal d'encoffrement du tambour de fraisage et des bandes transporteuses. La conception idéale serait un tambour de fraisage et des convoyeurs encoffrés à 100%, avec une ouverture unique au sommet du convoyeur secondaire, au point de transfert du revêtement à recycler dans le camion benne. La figure 1 indique l'emplacement approximatif des dispositifs de captage des poussières et de pulvérisation d'eau sur une raboteuse (l'étude du NIOSH [3] propose des schémas plus détaillés).

Historique des études menées par le NIOSH

Les premiers essais ont commencé en 2003, par six études de terrain approfondies (mesures d'exposition des opérateurs, etc.) sur des travaux de rabotage de chaussées. La première étude de terrain a servi d'étude pilote pour l'évaluation de l'efficacité des mesures de prévention par pulvérisation d'eau sur une machine de rabotage. Les autres études ont fourni des données sur l'efficacité de la pulvérisation d'eau pour un modèle de raboteuse conforme aux règles de l'art de chacun des quatre principaux constructeurs américains à l'époque. L'analyse des données, finalisée en 2007, a mis en évidence la nécessité d'améliorer les mesures de prévention des émissions de poussières.

De nouvelles solutions étant apparues entre-temps, il était nécessaire de mener de nouvelles études de terrain pour les évaluer. En 2009, les données de ces essais ont été analysées et deux techniques

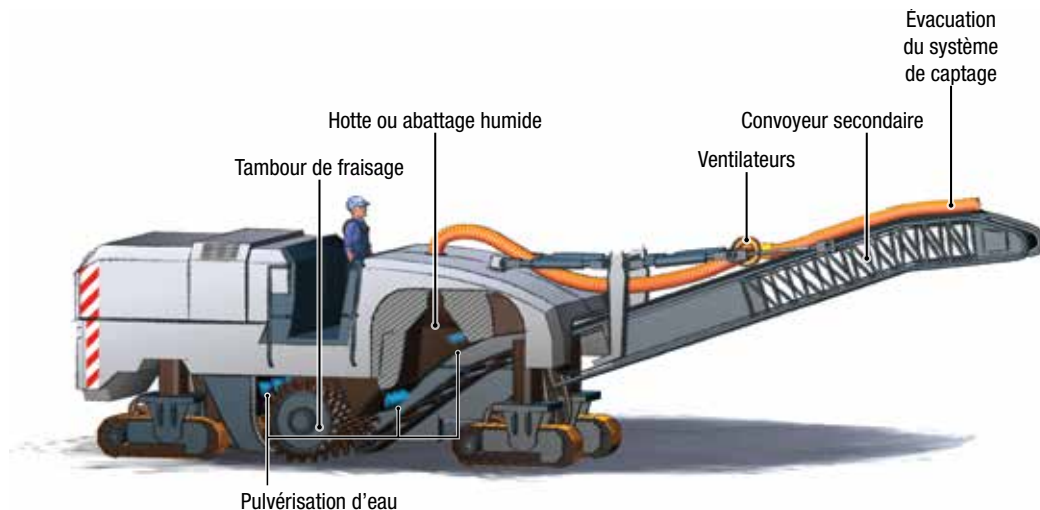


FIGURE 1 → Mesures de protection possibles contre les poussières de silice sur une raboteuse.

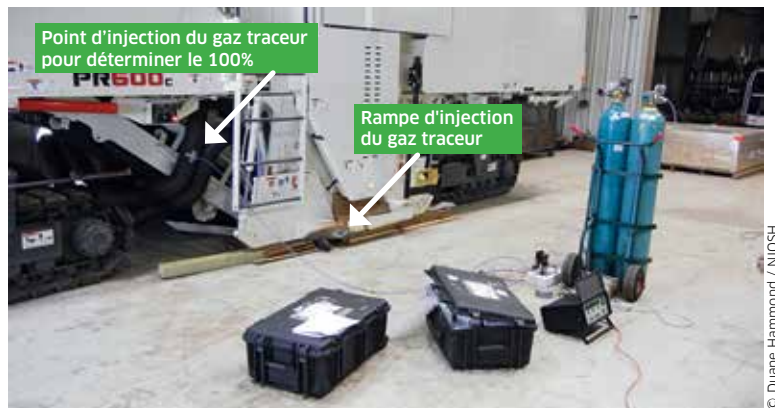
complémentaires réduisant de façon quantitative et statistiquement significative les niveaux de poussières de silice autour et dans les raboteuses [4] ont été développées. Il s'agissait des techniques suivantes:

- aspiration à la fois au niveau de la cloche de fraisage et des zones du convoyeur primaire;
- pulvérisation d'eau dans la zone de transfert entre la cloche de fraisage et la zone de chargement du convoyeur primaire (Cf. Figure 1), la pulvérisation étant dirigée à contre-courant du flux matière.

Sur cette base, le NIOSH et les membres du partenariat ont conclu à la nécessité d'optimiser ces techniques, puis de procéder à de nouveaux essais sur le terrain.

Une nouvelle étude de terrain de grande ampleur a été menée en 2010 avec la participation de cinq constructeurs de raboteuses. Les systèmes de pulvérisation d'eau testés en 2008 ne permettaient pas d'obtenir les mêmes réductions de poussières alvéolaires qu'en 2010. Cependant, les dispositifs de captage associés à la pulvérisation d'eau dans la zone de transfert entre la cloche de fraisage et la zone de chargement du convoyeur primaire ou au niveau de la hotte de captage des poussières procuraient des réductions statistiquement significatives des poussières alvéolaires, comme en 2008. Ces résultats étaient cohérents avec ceux obtenus auparavant contrairement à ceux concernant uniquement les systèmes de pulvérisation d'eau.

En complément, quatre études de laboratoire utilisant un gaz traceur ont été menées pour quatre constructeurs différents entre 2011 et 2012 [5 - 8]. Les résultats de ces études ont montré que l'efficacité de captage de ce gaz par les systèmes de captage soumis à l'évaluation dépassait généralement 90%. Les rapports techniques du NIOSH sur les études utilisant ce gaz peuvent être utilisés par les constructeurs pour effectuer leurs propres essais au gaz traceur sur les nouveaux modèles de raboteuses. Les études de laboratoire avec ce gaz ont été réalisées chez les constructeurs ou chez des entreprises utilisatrices pour déterminer l'efficacité des systèmes de captage avant d'expédier les machines sur un site d'essai en conditions réelles. Ces méthodes utilisent un diffuseur de gaz traceur du type de celui de la figure 2. Le gaz est mesuré dans le conduit d'évacuation du système de captage, au moyen d'un analyseur photoacoustique infrarouge. Pour le protocole d'essai au gaz traceur, une séparation physique a été établie entre la cloche de fraisage de la machine et la sortie du système de captage (Cf. Figure 3). Il est à noter que la méthode au gaz traceur, décrite à l'annexe A de l'étude NIOSH, est une adaptation d'une méthode publiée en 1997 par le NIOSH, utilisée à l'époque pour l'évaluation de l'efficacité des systèmes de captage des fumées sur les finisseurs [9].



↑ FIGURE 2 Système de diffusion du gaz traceur et point de mesure.



↑ FIGURE 3 Sortie du système de captage des poussières.

Enfin, à l'été et à l'automne 2012, le NIOSH et les membres du partenariat ont commencé des essais de terrain sur des raboteuses équipées des systèmes de captage conçus par les constructeurs, et ayant au préalable obtenu une efficacité de captage supérieure à 90% lors des études en laboratoire au gaz traceur. Lors de ces essais de terrain, la silice cristalline alvéolaire était prélevée dans l'air de la zone respiratoire des travailleurs sur toute la durée d'un poste de travail (Cf. Encadré 3).

En octobre 2012, deux constructeurs avaient terminé les essais de terrain et totalisaient 21 jours de prélèvements atmosphériques dans la zone respiratoire des salariés sur 11 chantiers de construction routière [10, 11]. Les 42 résultats de prélèvements (21 jours à deux personnes par jour) étaient tous inférieurs à la valeur REL du NIOSH pour la silice cristalline alvéolaire ( $0,05 \text{ mg/m}^3$ ) et se situaient entre des valeurs inférieures à la limite de détection et une concentration de  $0,024 \text{ mg/m}^3$  pour les raboteuses équipées de systèmes efficaces limitant l'exposition aux poussières. Ces valeurs sont aussi inférieures aux VLEP françaises.

### Conclusions

Sur la base de l'ensemble de ces études, le NIOSH recommande d'équiper de systèmes de captage



ENCADRÉ 3

**STRATÉGIE DE PRÉLÈVEMENT DE LA CAMPAGNE 2011-2012**

Les échantillons étaient recueillis pour l'opérateur et le personnel au sol lors des activités normales de rabotage d'un revêtement routier. L'échantillonnage a été réalisé par pompage au travers d'un cyclone en série avec un filtre, permettant d'évaluer l'exposition à la silice cristalline alvéolaire dans la zone respiratoire du personnel sous forme de moyenne pondérée dans le temps (*time weighted average, TWA*). Les équipes du NIOSH ont conduit ces essais en utilisant des cyclones BGI modèle GK2.69 (BGI Inc., Waltham, MA) à un débit de 4,2 litres/minute (l/min) avec des pompes d'échantillonnage alimentées par batterie. Ces pompes étaient calibrées avant et après chaque journée d'utilisation. Le cyclone 4,2 l/min est adapté à cet usage, car

il assure une limite de détection de l'ordre de 5% de la limite d'exposition recommandée (*recommended exposure limit, REL*) par le NIOSH (soit 10% de la valeur limite de seuil ou *threshold limit value, TLV*), en prenant pour hypothèse une limite de détection au laboratoire de 5 µg/échantillon pour le quartz et une durée minimale d'échantillonnage de 8 heures. D'autres cyclones fonctionnant à des débits moindres pourraient ne pas convenir pour ces essais, leurs limites de détection étant plus élevées.

Les pompes d'échantillonnage étaient fixées à la ceinture des salariés. Chaque pompe était connectée *via* une tubulure Tygon® et un raccord à filetage conique de type Luer à une cassette trois pièces de 37 mm contenant un filtre en polychlorure

de vinyle pré-pesé de 37 mm de diamètre, à pores de 5 µm, supporté par un tampon de cellulose et scellé par un manchon de cellulose thermorétractable (conformément aux méthodes 0600 et 7500 du NIOSH). La partie frontale de la cassette était retirée et le reste de la cassette était fixée au cyclone BGI pour poussières inhalables. Pour des raisons d'ordre statistique, l'objectif était d'évaluer l'exposition des travailleurs sur au moins neuf jours et un minimum de trois chantiers pour chaque constructeur de raboteuses, et de comparer les résultats à la valeur REL du NIOSH, soit 0,05 mg/m<sup>3</sup> de silice cristalline inhalable, en appliquant les méthodes statistiques décrites à l'annexe B de la publication NIOSH 2015-105<sup>2</sup>.

des poussières toutes les raboteuses, neuves, d'un mètre de large ou plus afin de réduire l'exposition des travailleurs à la silice cristalline alvéolaire. En outre, il préconise la pulvérisation d'eau dans la zone de transfert entre la cloche de fraisage et la zone de chargement du convoyeur primaire ou dans la hotte de captage des poussières pour la réduction des poussières sur les raboteuses. Les systèmes de captage et de pulvérisation d'eau, décrits dans la publication NIOSH 2015-105, correspondent à l'état de l'art en matière de lutte contre l'exposition aux poussières lors du rabotage de revêtements routiers, sur la base des bonnes pratiques élaborées par le partenariat « silice/raboteuses ». Ce document ne doit pas empêcher les constructeurs de réduire encore l'exposition aux poussières lorsque de nouvelles techniques ou innovations seront disponibles.

Les constructeurs peuvent utiliser les procédures de l'annexe B de la publication NIOSH 2015-105 pour évaluer les mesures actuelles et futures de réduction de l'empoussièrement. Les essais sur le terrain des systèmes de captage installés sur les raboteuses doivent être réalisés une fois que les essais au gaz traceur ont démontré une efficacité de captage supérieure à 90%. Les essais sur le terrain ont pour objet de fournir au constructeur des informations sur l'efficacité des systèmes de réduction de l'exposition aux poussières qu'il a installés, sur des chantiers routiers types. Les constructeurs de raboteuses peuvent ainsi disposer de données fiables

confirmant l'efficacité des systèmes de réduction de l'exposition à la silice cristalline avant d'appliquer ces mesures à toute une flotte de raboteuses. La procédure décrite à l'annexe B de la publication NIOSH 2015-105 peut également être utilisée pour vérifier l'efficacité de la stratégie globale de prévention de l'exposition à la silice cristalline alvéolaire, qui peut combiner une série de mesures (pulvérisation d'eau, aspiration ou d'autres types de mesures). L'annexe B comporte en outre une série d'indications relatives au choix des chantiers pour que les essais de terrain donnent des résultats exploitables. Il importe en effet que ces chantiers soient représentatifs des travaux de rabotage courants dans la construction routière. Il est ainsi recommandé de :

- choisir des chantiers où l'équipe de rabotage travaillera au moins 8 heures, et où les temps d'immobilisation non prévus (attente particulièrement longue d'un camion-benne, réparations de la raboteuse, intempéries, par exemple) représenteront moins de 30% de la durée du poste. Les temps d'immobilisation prévisibles (réapprovisionnement en eau de la raboteuse, remplacement des dents de fraisage, changement de camion-benne lorsqu'une benne est pleine de revêtement bitumineux à recycler ou retards mineurs dus au trafic) sont classiques lors du rabotage d'asphalte et ne doivent pas être considérés comme des immobilisations imprévues;
- ne pas choisir des chantiers où plus de la moitié du temps de prélèvement est consacré à du

rabotage autour de bouches d'égout et/ou à des intersections complexes;

- ne pas faire de prélèvements sous la pluie ou lorsque la chaussée est mouillée par la pluie;
- envisager de trouver de nouveaux chantiers pour les essais si la vitesse moyenne du vent sur chacun des postes ayant fait l'objet de mesures excède 5 m/s (11 miles par heure [mph]);
- envisager de trouver de nouveaux chantiers pour les essais si la teneur moyenne en silice cristalline du matériau brut est inférieure à 5%;
- documenter les autres sources potentielles de poussières de silice sur le chantier ou au voisinage (autres raboteuses sans systèmes de captage, par exemple, ou encore stabilisation du sol, travaux agricoles...). Des chantiers ne devraient pas être exclus du seul fait de la présence d'autres sources de poussières, mais il importe d'en noter la présence en vue de l'interprétation des résultats.

### Engagements des constructeurs

Le 12 septembre 2013, l'OSHA a publié une proposition de réglementation (*Notice of Proposed Rulemaking, NPRM*) relative à l'exposition

professionnelle à la silice cristalline alvéolaire. Cette NPRM, publiée au registre fédéral, propose une valeur TWA-8h (moyenne pondérée sur 8 h) de 0,05 mg/m<sup>3</sup> de silice cristalline alvéolaire [12]. Le 24 janvier 2014, le partenariat « silice/raboteuses » a transmis ses commentaires sur cette proposition au bureau compétent de l'OSHA (OSHA Docket Office, Docket No. OSHA-2010-0034).

Parallèlement, tous les constructeurs de raboteuses membres du partenariat ont adressé à l'OSHA des courriers par lesquels ils s'engageaient à équiper de systèmes de captage toutes les raboteuses d'asphalte neuves vendues aux États-Unis à partir de janvier 2017 et à fournir, à partir de janvier 2015, des kits de pulvérisation d'eau pour les machines non équipées de série. Tous les constructeurs membres du Partenariat ont respecté la date limite de 2015 et plusieurs constructeurs ont commencé début 2015, soit près de deux ans avant l'échéance de 2017, à équiper toutes les machines neuves de systèmes de captage. ●

1. Téléchargeable sur [www.travail-emploi.gouv.fr/IMG/pdf/Fiche\\_4\\_-\\_Rabotage\\_sur\\_chaussees\\_20\\_11\\_13.pdf](http://www.travail-emploi.gouv.fr/IMG/pdf/Fiche_4_-_Rabotage_sur_chaussees_20_11_13.pdf)

2. Téléchargeable sur [www.cdc.gov/niosh/docs/2015-105](http://www.cdc.gov/niosh/docs/2015-105)

## BIBLIOGRAPHIE

[1] Rapport SM, Goldberg M, Susi P, Herrick RF [2003]. Excessive exposure to silica in the U.S. construction industry. *Ann Occup Hyg* 47(2):111-122.

[2] LINCH KD [2002]. Respirable concrete dust-silicosis hazard in the construction industry. *Appl Occup Environ Hyg* 17(3):209-221.

[3] NIOSH [2015]. *Best practice engineering control guidelines to control worker exposure to respirable crystalline silica during asphalt pavement milling*. By Hammond DR, Cecala AB, Colinet J, et al. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication No. 2015-105.

[4] NIOSH [2011d]. In-depth survey report: *dust-control technology for asphalt pavement milling*. By Blade LM, Shulman SA, Cecala A, et al. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, EPHB Report No. 282-17a [[www.cdc.gov/niosh/surveyreports/pdfs/282-17a.pdf](http://www.cdc.gov/niosh/surveyreports/pdfs/282-17a.pdf)].

[5] NIOSH [2011a]. *A laboratory evaluation of a prototype local exhaust ventilation system on a Terex cold milling machine at Terex Roadbuilding*, Oklahoma City, Oklahoma. By Hammond DR, Mead KR, Trifonoff N, et al. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute

for Occupational Safety and Health, EPHB Report No. 282-20a [[www.cdc.gov/niosh/surveyreports/pdfs/282-20a.pdf](http://www.cdc.gov/niosh/surveyreports/pdfs/282-20a.pdf)].

[6] NIOSH [2011b]. *A laboratory evaluation of capture efficiencies of the vacuum cutting system on a Wirtgen W 250 cold milling machine at Payne & Dolan Inc., Racine, Wisconsin*. By Hammond DR, Trifonoff N, Shulman SA. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, EPHB Report No. 282-19a [[www.cdc.gov/niosh/surveyreports/pdfs/282-19a.pdf](http://www.cdc.gov/niosh/surveyreports/pdfs/282-19a.pdf)].

[7] NIOSH [2012]. *A laboratory evaluation of a local exhaust ventilation system on a Caterpillar cold milling machine at Caterpillar, Minnesota*. By Hammond DR, Garcia A, Henn S, et al. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, EPHB Report No. 282-22a [[www.cdc.gov/niosh/surveyreports/pdfs/282-22a.pdf](http://www.cdc.gov/niosh/surveyreports/pdfs/282-22a.pdf)].

[8] NIOSH [2013a]. *A laboratory evaluation of a local exhaust ventilation system on a Roadtec cold milling machine at Roadtec, Chattanooga, Tennessee*. By Hammond DR, Garcia A, Shulman SA. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, EPHB Report No. 282-21a [[www.cdc.gov/niosh/surveyreports/pdfs/282-21a.pdf](http://www.cdc.gov/niosh/surveyreports/pdfs/282-21a.pdf)].

[9] NIOSH [1997]. *Engineering control*

*guidelines for hot mix asphalt pavers*. Cincinnati, OH: Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication No. 97-105.

[10] NIOSH [2013b]. *Control technology for crystalline silica exposure during pavement milling using a Roadtec milling machine equipped with a local exhaust ventilation system*. By Hammond DR, Shulman SA. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, EPHB Report No. 282-25a [[www.cdc.gov/niosh/surveyreports/pdfs/282-25a.pdf](http://www.cdc.gov/niosh/surveyreports/pdfs/282-25a.pdf)].

[11] NIOSH [2013c]. *Control technology for crystalline silica exposure during pavement milling using a Wirtgen milling machine equipped with a vacuum cutting system*. By Hammond DR, Shulman SA. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, EPHB Report No. 282-23a [[www.cdc.gov/niosh/surveyreports/pdfs/282-23a.pdf](http://www.cdc.gov/niosh/surveyreports/pdfs/282-23a.pdf)].

[12] 78 Fed. Reg. 56274 [2013]. *Occupational exposure to respirable crystalline silica, a proposed rule*.