

DOSSIER

SILICE CRISTALLINE

SOMMAIRE DU DOSSIER

► Silice cristalline et santé au travail



© Gael Kerbaol / INRS

Silice cristalline et santé au travail

Les travaux susceptibles d'exposer les salariés à l'inhalation de poussières de silice cristalline sont présents dans la majorité des industries de manufacture et de construction. Or, les effets sur la santé de ce minéral peuvent être particulièrement graves et invalidants (notamment la silicose et des cancers pulmonaires). Il convient donc de réduire les expositions professionnelles à la silice cristalline au niveau le plus bas possible.

Ce qu'il faut retenir

La silice existe à l'état libre sous forme cristalline ou amorphe, et à l'état combiné sous forme de silicates. Les principales variétés cristallines de la silice sont le quartz, la cristobalite et la tridymite. À l'état naturel, la **silice cristalline** (et notamment le **quartz**) est présente dans de nombreuses roches (grès, granite, sable ...). De ce fait la silice cristalline est présente dans de nombreux produits comme les **bétons**, les **mortiers**, les **enduits de façade**...

Principales utilisations de la silice cristalline

La silice cristalline peut être utilisée comme **matière première** dans certains procédés industriels comme la fabrication du verre. Elle se retrouve également sous forme de **poussières** dans l'air dans de nombreuses activités : **extraction de granulats et minéraux industriels, taille de la pierre, fabrication de prothèses dentaires, fonderie, verrerie, cristallerie, bijouterie**, industries de la **céramique** et de la **porcelaine**, industries des **briques** et des **tuiles**, bâtiment et travaux publics, réfection et démolition de fours industriels...

Quelques situations d'expositions possibles à la silice cristalline



© Fabrice Dimier

Acheminement de granulats, après concassage et criblage, par des convoyeurs à bandes sur un site d'extraction



© Patrick Delapierre

Opération de maintenance des cribles dans une carrière qui exploite des gneiss et des amphibolites, les gneiss contenant en moyenne 10 % de quartz ou silice cristalline

Salarié testant un masque de protection à ventilation assistée



© Gael Kerbaol

Cabine de décochage de grosses pièces en fonderie : séparation du moule en sable de la pièce de fonte



© Gael Kerbaol

Taille de pierre dans la rénovation de monuments historiques



© Gael Kerbaol

Fabrication manuelle des prothèses dentaires



© Gael Kerbaol

Opérations de finitions sur porcelaine
Poste de travail équipé d'un dispositif d'aspiration centralisé

Environ 358 000 salariés seraient exposés à la silice sous ses diverses formes (selon l'enquête **SUMER de 2017**¹). Une liste de travaux susceptibles d'exposer au risque d'inhalation de poussières de silice cristalline est consultable sur le site de **InVs**².

¹ <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=TF%20233>

² http://invs.santepubliquefrance.fr/publications/2010/matgene_poussieres_alveolaires_silice/index.html

Les effets sur la santé de la silice cristalline peuvent être particulièrement graves et invalidants (notamment la **silicose**). Il convient donc de réduire les expositions professionnelles au niveau le plus bas possible.

Silices amorphes

Généralement d'origine synthétique (à l'exception de la terre de diatomée), les **silices amorphes**³ sont utilisées dans de très nombreux secteurs d'activité : agroalimentaire, textile, cosmétique... Contrairement aux silices cristallines, la toxicité des silices amorphes demeure faible. Néanmoins, la terre de diatomée peut contenir à l'état naturel entre 0,1 et 4 % de silice cristalline. Certains procédés industriels comme la calcination à haute température transforment la silice d'une forme amorphe en une forme cristalline et plus précisément en cristobalite. La terre de diatomée calcinée peut ainsi contenir de 20 à 60 % de cristobalite.

³ <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%205033>

Certaines pathologies provoquées par l'inhalation de poussières de silice cristalline peuvent être reconnues comme **maladie professionnelle**⁴ au titre du **tableau 25**⁵ des maladies professionnelles du régime général de la sécurité sociale. Environ deux cents cas par an sont reconnus comme maladies professionnelles.

⁴ <https://www.inrs.fr/risques/chimiques/maladies-origine-professionnelle-accidents-travail.html>

⁵ http://www.inrs-mp.fr/mp/cgi-bin/tableau.pl?tabkey=TAB_RG25

Effets sur la santé

La voie de pénétration de la silice cristalline dans l'organisme est la voie respiratoire. Les poussières dangereuses sont les plus fines qui peuvent atteindre les alvéoles pulmonaires et s'y déposer.

Les poussières de silice cristalline peuvent induire une **irritation** des yeux et des voies respiratoires, des **bronchites chroniques** et une fibrose pulmonaire irréversible nommée **silicose**. Cette atteinte pulmonaire grave et invalidante n'apparaît en général qu'après plusieurs années d'exposition et son évolution se poursuit même après cessation de l'exposition.

Silicose : quelques précisions

Cette **pneumoconiose fibrogène** est induite par l'inhalation de particules de silice cristalline. Si la forme aiguë de la maladie est devenue exceptionnelle en France, la forme chronique est encore présente. Les signes cliniques (essoufflement, toux, crachats) apparaissent souvent tardivement après l'exposition. Le diagnostic est principalement radiologique avec notamment des opacités nodulaires prédominant généralement aux sommets. La fonction respiratoire est touchée tardivement, conduisant à un trouble ventilatoire mixte.

Même après arrêt de l'exposition, la silicose continue de s'aggraver et évolue vers l'insuffisance respiratoire chronique et l'insuffisance cardiaque. Des complications peuvent s'ajouter : surinfections, pneumothorax voire cancer broncho-pulmonaire.

La silice cristalline joue également un rôle certain dans le développement de cancers pulmonaires, chez l'homme. Inhalée sous forme de quartz ou de cristobalite, elle est classée comme **cancérogène pour l'homme (groupe 1) par le CIRC** ⁶ et au niveau européen, les travaux exposant à la poussière de silice cristalline alvéolaire issue de procédés de travail sont classés comme des procédés cancérogènes.

⁶<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol100C/mono100C-14.pdf>

Démarche de prévention

Évaluer les risques

L'**évaluation des risques** qu'est tenu de mener l'employeur doit conduire à inventorier les matériaux, produits ou procédés de travail susceptibles d'émettre des poussières de silice cristalline. Il convient ensuite d'identifier les conditions dans lesquelles des salariés pourraient être exposés, puis d'évaluer les niveaux d'exposition.

Les poussières les plus dangereuses de silice cristalline (les plus fines) sont invisibles à l'œil nu et une atmosphère apparemment peu ou pas polluée n'est pas signe d'innocuité. Des mesures de contrôle sont donc généralement nécessaires pour attester de l'exposition ou évaluer son niveau.

Prévenir les risques liés aux poussières de silice

La prévention des risques liés à l'exposition aux poussières de silice cristalline repose sur les règles de prévention spécifiques aux activités impliquant des **agents** classés comme **cancérogènes, mutagènes et toxiques pour la reproduction (CMR)** ⁷.

⁷<https://www.inrs.fr/risques/cmr-agents-chimiques>

Chaque fois que l'usage et le procédé le permettent, l'employeur doit en priorité chercher à substituer la silice cristalline ou le procédé en générant par des produits ou procédés pas ou moins dangereux. Par exemple de la farine de quartz présente dans un produit peut être remplacée par un minéral moins dangereux.

Dans de nombreux cas la silice cristalline est présente dans des produits naturels (granulats...) qui sont difficilement substituables. Dans ce cas, des mesures de prévention et de protection adaptées aux risques s'imposent. Elles visent à éviter ou tout au moins à réduire au minimum les expositions professionnelles.

Poussières de silice : principales mesures de prévention

- Effectuer les opérations générant une exposition dans des **systèmes clos** mis en dépression et aussi étanches que possible (par exemple des broyeurs et des bandes transporteuses soigneusement capotés et mis en dépression dans les carrières).
- Adopter si possible des méthodes de travail ne générant pas ou que peu de poussières comme le travail à l'humide. Dans le cas d'outils tournants comme les scies circulaires, le travail à l'humide permet de diminuer les émissions de poussières mais pas de les supprimer et les expositions peuvent rester significatives.
- Équiper les postes de travail d'un dispositif de captage à la source des poussières (dispositif intégré au procédé ou à l'outillage) lorsque les opérations ne peuvent être effectuées en système clos. ; raccorder les outils aspirants à des système d'aspiration à haute dépression.
- Effectuer les travaux exposant aux poussières de silice dans des locaux séparés avec un accès restreint (cabine de ponçage ventilée).
- Vérifier régulièrement le fonctionnement des dispositifs de ventilation.
- Lorsque les conditions de travail le nécessitent et que les mesures de protection collective ne suffisent pas à éliminer le risque (par exemple sur les chantiers), mettre à la disposition du personnel des EPI adaptés : **appareil de protection respiratoire** (en fonction de l'exposition attendue et de la durée des travaux, il est conseillé d'utiliser un appareil filtrant à ventilation libre ou assistée, équipé de filtre antiparticules de classe 3 ou un appareil isolant), **combinaison à capuche** jetable de type 5, **lunettes**.
- Contrôler régulièrement l'empoussièrément de l'atmosphère de travail et à chaque changement important de modes opératoires.
- Procéder au nettoyage régulier des lieux de travail (à l'aide d'un aspirateur équipé d'un filtre à très haute efficacité ou de linges humides).
- Mettre en œuvre les mesures d'hygiène (ranger et laver les vêtements de travail séparément des autres vêtements).
- Former et informer le personnel.
- Mettre en œuvre **le suivi individuel renforcé de l'état de santé** des salariés exposés et le suivi post-professionnel.

Des mesures de protection spécifiques sont à mettre en œuvre pour les opérations de **décapage, dessablage et dépolissage au jet** (voir réglementation).

Réglementation

Les travaux exposant à la poussière de silice cristalline alvéolaire issue de procédés de travail figurant sur la liste des **procédés cancérogènes** (arrêté du 26 octobre 2020), des mesures de prévention particulières sont applicables aux travailleurs exposés aux poussières alvéolaires de silice cristalline (articles R. 4412-59 à R. 4412-93 du Code du travail relatifs aux dispositions particulières aux **agents chimiques dangereux cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction** ⁸).

⁸<https://www.inrs.fr/risques/cmr-agents-chimiques.html>

Ces règles s'appliquent également dans les mines et carrières. Pour tenir compte des spécificités de ce secteur d'activité, des mesures complémentaires visant la protection des travailleurs exposés aux poussières alvéolaires, en particulier de silice cristalline, ont en outre été définies (décret n°2013-797 du 30 août 2013 et arrêté du 4 novembre 2013).

Des **valeurs limites d'exposition professionnelle** réglementaires contraignantes sont fixées dans le Code du travail (article R. 4412-149) :

- pour le quartz à 0,1 mg/m³,
- pour la cristobalite et la tridymite à 0,05 mg/m³.

Le Code du travail fixe également une **valeur limite d'exposition professionnelle** pour les mélanges de **poussières de silice** et d'autres natures (articles R. 4412-154 et R. 4412-155).

Le contrôle du respect de ces valeurs limites réglementaires est réalisé par un **organisme accrédité**.

Calcul de l'indice d'exposition aux poussières de silice

$Ca/Va + Cq/Vq + Cc/Vc + Ct/Vt$ inférieur à 1

avec

Ca, Cq, Cc, Ct : concentrations dans l'air en poussières alvéolaires autres que la silice cristalline, en quartz, en cristobalite et en tridymite respectivement, Va, Vq, Vc, Vt : VLEP pour les poussières alvéolaires autres que la silice cristalline, pour le quartz, pour la cristobalite et pour la tridymite respectivement.

À noter que des mesures de protection complémentaires sont à mettre en œuvre pour les opérations de **décapage, dessablage et dépolissage au jet (décret 69-558 du 6 juin 1969⁹ et arrêté du 14 janvier 1987¹⁰)**.

Les travaux exposant à de la silice cristalline sont interdits aux **jeunes travailleurs** de moins de 18 ans (des dérogations sont possibles sous conditions).

⁹ http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do;jsessionid=9262C558C8DE52FE6254AAC672298917.tpdjo11v_1?cidTexte=JORFTEXT000000519896&dateTexte=20100131

¹⁰ http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do;jsessionid=DF6FF095F6FAFE24AB8430298D97AF1.tpdjo13v_3?cidTexte=LEGITEXT000006057240&dateTexte=20120503

Silice cristalline alvéolaire : évolution de la Directive sur les agents cancérogènes et mutagènes (2004/37/CE)

Afin de renforcer la protection des travailleurs exposés à des agents chimiques cancérogènes sur leur lieu de travail, la directive (UE) 2017/2398 du 12 décembre 2017 a modifié certaines dispositions de la Directive européenne 2004/37/CE. Elle a introduit, **dans la liste des procédés cancérogènes, les travaux exposant à la poussière de silice cristalline alvéolaire issue de procédés de travail et fixé une limite d'exposition professionnelle pour la poussière de silice cristalline alvéolaire à 0,1 mg/m³**.

Un nouvel article (18bis) de la directive précise que la Commission européenne évaluera la nécessité d'examiner cette valeur limite à l'occasion de son rapport de mise en œuvre après cinq années d'entrée en vigueur.

Depuis le 01 janvier 2021, les travaux exposant à la poussière de silice cristalline alvéolaire issue de procédés de travail sont inscrits dans la liste française des procédés cancérogènes. En revanche les valeurs limites d'exposition professionnelle pour la silice cristalline déjà en vigueur en France n'ont pas été modifiées.

Le **Code de la sécurité sociale** prévoit que les personnes exposées à la silice cristalline susceptible de provoquer une maladie figurant au tableau 25 de maladie professionnelle peuvent demander à bénéficier d'un **suivi post-professionnel** après cessation de leur activité (article D. 461-23).

Publications et liens utiles :

Documents INRS

BROCHURE 12/2004 | ED 768



Décapage, dessablage, dépolissage au jet libre en cabine

Ce document traite du grenailage au jet libre en cabine, l'opérateur pouvant se situer à l'extérieur ou à l'intérieur de la cabine. Présentation des risques (notamment d'intoxication, d'incendie-explosion) et de la technique employée.

Mesures de ventilation préconisées (objectifs, conception, ... ¹¹

¹¹ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=ED%20768>

BROCHURE 07/2005 | ED 947



Cabines ventilées pour le travail de la pierre

Ce guide est destiné, en premier lieu, aux personnes chargées d'acquies et de mettre en oeuvre de cabines ouvertes ventilées dans le domaine du travail de la pierre. Il concerne les opérations de découpe, de taille ou de surfacage à l'aide d'outils portatifs. Ceci exclut toute autre pratique ... ¹²

¹² <https://www.inrs.fr/media?refINRS=ED%20947>



Les silices amorphes

Les silices amorphes sont généralement d'origine synthétique, à l'exception de la terre de diatomée. Elles entrent dans la composition de nombreux produits comme les pneumatiques, les aliments pour animaux, les pâtes dentifrices, les cosmétiques, les peintures, les encres, etc.

La toxicité des ... ¹³

¹³ <https://www.inrs.fr/media?refINRS=ED%205033>



Risques chimiques

Repérer les produits, les mélanges ou les procédés chimiques dangereux, c'est la première étape pour prévenir les risques chimiques pour la santé ou pour la sécurité du travail. ¹⁵

¹⁵ <https://www.inrs.fr/risques/chimiques>

Mis à jour le 09/04/2021



Silice cristalline

La silice existe à l'état libre sous différentes formes cristallines ou amorphes. On trouve également la silice à l'état combinée dans les silicates (les groupes SiO₂ sont liés à d'autres atomes Al, Fe, Mg, Ca, Na, K...). Du point de vue des effets pathogènes, il est important de faire la distinction entre ces différentes formes... ¹⁴

¹⁴ https://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox/fiche.html?refINRS=FICHETOX_232