

## **Matrice emplois-exposition à la silice cristalline du programme Matgéné Guide d'accompagnement**

*Version matrice correspondante : 17/02/2022*

*Mise à jour de ce guide : 27/09/2022*

### **Table des matières**

<b>1. Objectif de ce guide</b> .....	2
<b>2. Description de la nuisance évaluée</b> .....	2
a) La silice .....	2
b) Périmètre de l'évaluation dans le cadre de la matrice Matgéné .....	2
c) La silice cristalline en milieu professionnel .....	3
<b>3. Classement et réglementation de la silice cristalline</b> .....	3
<b>4. Elaboration de la MEE</b> .....	5
a) La recherche bibliographique .....	5
b) La base métrologique .....	5
<b>5. Nomenclatures utilisées dans la matrice</b> .....	5
<b>6. Indices d'évaluation de l'exposition</b> .....	5
<b>7. Périodes d'exposition</b> .....	7
<b>8. Particularités de la MEE</b> .....	7
<b>9. Publications</b> .....	8

## 1. Objectif de ce guide

Ce guide présente la matrice emplois-exposition à la silice cristalline développée dans le cadre du programme Matgéné.

Cette matrice fournit une évaluation aux poussières alvéolaires de silice cristalline libre pour les emplois considérés comme exposés, de 1947 à 2020. Elle correspond à la mise à jour d'une matrice initiale qui évaluait l'exposition jusqu'en 2007. Ce travail d'actualisation de la matrice a permis d'étendre les évaluations sur la période 2008-2020 et d'intégrer les nomenclatures d'emplois en vigueur.

## 2. Description de la nuisance évaluée

### a) La silice

L'élément chimique Silicium, Si, est un composant majeur de la croûte terrestre (environ 25%). Il se trouve principalement sous forme de :

- **silice libre**,  $\text{SiO}_2$ , qui est un solide de grande dureté, blanc ou incolore, dont le motif de base (la maille) est un tétraèdre de formule  $\text{SiO}_4$  ;
- **silicates** qui sont des minéraux également constitués de tétraèdres  $\text{SiO}_4$  mais entre lesquels sont insérés divers oxydes métalliques (fer, magnésium...).

La silice et les silicates peuvent exister sous forme **cristalline** (la maille est répétée de façon périodique dans l'espace) ou **amorphe** (sans structure spatiale fixe). Toutes ces formes peuvent être naturelles ou résultées d'un processus industriel (tableau 1).

Tableau 1 : Exemples de différentes formes de silice

Formes de silice	Exemples
Silice libre cristalline naturelle	quartz, cristobalite, trydimite
Silice libre cristalline synthétique	monocristaux de quartz
Silice libre amorphe naturelle	terre de diatomées
Silice libre amorphe synthétique	silice précipitée
Silicates cristallins naturels	argile, kaolin
Silicates amorphes naturels	opale

### b) Périmètre de l'évaluation dans le cadre de la matrice Matgéné

A ce jour, seule la silice cristalline a été reconnue comme dangereuse pour la santé. Ainsi, seule l'exposition à la silice cristalline libre a été évaluée dans la MEE.

Dans le cadre professionnel, la silice cristalline libre concerne essentiellement le quartz et la cristobalite. Il est très difficile de distinguer ces deux formes lors de l'évaluation des expositions et elles ont donc été regroupées sous le terme 'silice cristalline libre' pour l'évaluation. Finalement, la matrice

« silice » concerne l'évaluation de l'exposition aux poussières alvéolaires (poussières de diamètre inférieur à 5 µm) de silice cristalline libre.

c) La silice cristalline en milieu professionnel

Les principaux secteurs d'activités concernés sont :

- Les mines et carrières
- Le BTP, la cimenterie et la fabrication d'éléments préfabriqués en béton
- La fabrication de verre, de porcelaine, de céramique, de produits abrasifs, de prothèses dentaires, de bijoux ...
- La démolition, la réparation et la fabrication de fours industriels en briques réfractaires
- La métallurgie

Le taux de silice dans les différents matériaux retrouvés en milieu professionnel peut varier d'un matériau à l'autre (tableau 2).

Tableau 2 : proportion de silice dans différents matériaux

Proportion de silice cristalline libre	Exemples de matériaux concernés
1-10%	Charbon et gangue de charbon Ciment
11-50%	Ardoise, argile/kaolin Béton/mortier Minerais métalliques et gangue
≥ 51%	Sable, granit, grès...

### 3. Classement et réglementation de la silice cristalline

✘ **Centre International de Recherche sur le Cancer (Circ)** : La silice cristalline est classée comme cancérigène groupe 1 (cancérigène pour l'homme) depuis 1997, pour le cancer du poumon.

✘ **Union européenne (Classement Cancérigène, Mutagène et Reprotoxique)** : en décembre 2017, les travaux exposant à la silice cristalline ont été ajoutés à la liste des procédés cancérigènes par l'Union Européenne. Cette disposition a été traduit en droit français par l'arrêté du 26/10/2020 : depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2021, les travaux exposant aux poussières de silice sont considérés comme cancérigènes. Ce classement impose que la substance doit être supprimée, substituée ou si cela n'est pas possible, son exposition doit être diminuée le plus possible.

#### Valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP)

Le décret n°2008-244 du 07/03/08 est la dernière réglementation en vigueur. Le classement des travaux exposant à la silice en tant que CMR n'a pas modifié ces valeurs.

Il reprend les valeurs limites d'exposition sur 8h, qui avaient été définies par le décret 97-331 du 10 avril 1997 et par la circulaire du 21 mars 1983.

- VLEP-8h quartz : 0,1 mg/m<sup>3</sup>
- VLEP-8h trydimite et cristobalite : 0,05 mg/m<sup>3</sup>

▪ En cas d'inhalation d'un mélange de poussières siliceuses et non siliceuses, un indice d'exposition (IE) propre à chaque situation de travail est calculé et il doit être inférieur à 1. Le calcul de cet indice nécessite des prélèvements afin de connaître la composition des poussières pour la situation concernée :

$$IE = Cns/5 + Cq/0,1 + Cc/0,05 + Ct/0,05, \text{ où}$$

*Cns = concentration en poussières alvéolaires non siliceuses de la situation de travail, en mg/m<sup>3</sup> ; Malgré l'abaissement de la concentration à ne pas dépasser pour les poussières alvéolaires dites sans effet spécifique (Décret 2021-1763 du 23 décembre 2021), la valeur pour les poussières alvéolaires autres que la silice cristalline reste fixée à 5 mg/m<sup>3</sup> dans la formule de calcul*

*Cq = concentration en quartz de la situation de travail, en mg/m<sup>3</sup> ;*

*Cc = concentration en cristobalite de la situation de travail, en mg/m<sup>3</sup> ;*

*Ct = concentration en trydimite de la situation de travail, en mg/m<sup>3</sup> ;*

*Les chiffres figurant aux dénominateurs correspondent aux VLEP-8h, en mg/m<sup>3</sup>.*

*Malgré l'abaissement de la concentration à ne pas dépasser pour les poussières alvéolaires dites sans effet spécifique (Décret 2021-1763 du 23 décembre 2021), la valeur pour les poussières alvéolaires autres que la silice cristalline reste fixée 5 mg/m<sup>3</sup> dans la formule de calcul.*

Pour les mines et carrières, des mesures complémentaires ont été définies par le décret n°2013-797.

### Tableaux des maladies professionnelles

Certaines pathologies liées à l'exposition professionnelle à la silice cristalline sont reconnues comme maladie professionnelle. Les tableaux concernés sont indiqués dans le tableau n°3.

Tableau 3 : tableaux des maladies professionnelles en lien avec la silice cristalline du régime général (RG) et du régime agricole (RA)

N° du tableau	Libellé du tableau
RG n°25	Affections consécutives à l'inhalation de poussières minérales renfermant de la silice cristalline (quartz, trydimite, cristobalite), des silicates cristallins (kaolin, talc), du graphite ou de la houille
RA n°22	Affections consécutives à l'inhalation de poussières minérales renfermant de la silice cristalline ou des silicates cristallins

#### 4. Elaboration de la MEE

La matrice a été élaborée par expertise par 2 hygiénistes industriels spécialistes des matrices emplois expositions en s'appuyant sur une recherche bibliographique et une base métrologique.

##### a) La recherche bibliographique

Une revue de la littérature scientifique, médicale et technique a permis de retracer les situations d'exposition et les connaissances disponibles sur la silice pour la période d'étude : la réglementation et son évolution, évolution des niveaux d'exposition, des techniques de travail etc.

##### b) La base métrologique

Une base de données métrologique a également été constituée à partir des 469 documents publiés issus de la recherche bibliographique. Vingt-deux variables y ont été enregistrées pour 634 résultats de mesures couvrant toute la période d'étude de la MEE. De plus, des extractions de la base de données Colchic et Scola réalisées auprès de l'INRS ont permis d'intégrer les mesures enregistrées pour la période allant de 1987 à 2019.

#### 5. Nomenclatures utilisées dans la matrice

Les évaluations de l'exposition à la silice cristalline ont été réalisées pour des emplois définis par des couples de profession et d'activité codés suivant la nomenclature française des professions et catégories socioprofessionnelles (PCS versions de 1994 et 2003) et la classification internationale type des professions (CITP version de 1968) pour les professions et la nomenclature des activités française (NAF versions de 1993, 2003 et 2008) pour les secteurs d'activité.

La MEE existe dans les versions de nomenclatures suivantes :

- ✘ CITP1968\*NAF1993 ;
- ✘ CITP1968\*CITI1975 ;
- ✘ PCS1994\*NAF1993 ;
- ✘ PCS2003\*NAF2003 ;
- ✘ PCS2003\*NAF2008.

#### 6. Indices d'évaluation de l'exposition

La MEE évalue les expositions de 1947 à 2020, selon trois indices d'exposition :

- *La probabilité* définit la proportion de travailleurs au sein de l'emploi exposés à la silice.

Elle est exprimée en pourcentage selon les classes définies dans le tableau n°4.

Tableau 4 : classes de probabilité de la MEE silice

Classes de probabilité	Valeurs présentes dans la MEE
[1-5]	5

]5-15]	10
]15-25]	20
]25-35]	30
]35-45]	40
]45-55]	50
]55-65]	60
]65-75]	70
]75-85]	80
]85-95]	90
]95-100]	95

- *La fréquence* définit le pourcentage du temps de travail que l'opérateur passe à effectuer les tâches exposantes. Elle est exprimée en pourcentage selon les classes définies dans le tableau n°5.

Tableau 5 : classes de fréquence de la MEE silice

Classes de fréquence	Valeurs présentes dans la MEE
]1-5]	5
]5-15]	10
]15-25]	20
]25-35]	30
]35-45]	40
]45-55]	50
]55-65]	60
]65-75]	70
]75-85]	80
]85-95]	90
]95-100]	95

- *L'intensité* représente la concentration atmosphérique moyenne à laquelle est soumis le travailleur pendant les tâches exposantes. Elle est exprimée en 4 classes, décrites dans le tableau n°6. En-dessous de 0,02 mg/m<sup>3</sup>, l'emploi est considéré comme non-exposé professionnellement. Un niveau d'exposition peut être calculé en multipliant l'intensité et la fréquence.

Tableau 6 : classes d'intensité de la MEE silice

Classes d'intensité	Valeurs utilisées pour le calcul du niveau d'exposition
]0,02 ; 0,1 mg/m <sup>3</sup> [	0,06
]0,1 ; 0,5 mg/m <sup>3</sup> [	0,3
]0,5 ; 1 mg/m <sup>3</sup> [	0,75
≥ à 1 mg/m <sup>3</sup>	1,5

## 7. Périodes d'exposition

Les évaluations prennent en compte différents paramètres dont l'évolution de l'exposition dans le temps. Des périodes d'exposition homogènes ont donc été définies selon certains critères (réglementation, évolutions techniques...) et selon les secteurs (tableau n°7).

Tableau 7 : périodes d'exposition de la MEE silice

Secteurs	Périodes d'exposition
Mines	- 1947 à 1960 - 1961 à 1980 - 1981 à 2020
Carrières	- 1947 à 1960 - 1961 à 1995 - 1996 à 2020
Milieu industriel et BTP	- 1947 à 1970 - 1971 à 1985 - 1986 à 1998 - 1999 à 2020

- Mines et carrières:

✘ La première période est identique pour les 2 secteurs car l'année 1960 correspond à la date moyenne de mise en application de l'instruction du 30/11/1956 qui préconise des techniques de prévention efficaces pour l'extraction dans ces deux secteurs;

✘ Pour les mines, l'année 1980 correspond à la date moyenne de mise en application de la circulaire du 15/12/1975 sur la prévention médicale des pneumoconioses ;

✘ Pour les carrières, le décret du 02/09/1994 définissant un empoussièrage de référence a marqué une diminution des expositions. Il a été estimé que cette réglementation a eu moins d'impact sur les mines car à cette date beaucoup étaient déjà fermées ou leur fermeture programmée.

- Milieu industriel et BTP :

✘ L'année 1970 marque l'amélioration globale des conditions de travail en France dans le milieu industriel ;

✘ Les années 1985 et 1998 correspondent aux dates de mise en application respectivement de la circulaire du 21/03/1983 et du décret du 10/04/1997, définissant les VLEP.

Le classement en tant que cancérigène étant applicable au 1<sup>er</sup> janvier 2021, il est sans impact dans la matrice car les évaluations s'arrêtent en 2020.

## 8. Particularités de la MEE

Plusieurs utilisations de silice n'ont pas pu être évaluées dans la matrice du fait des nomenclatures utilisées qui rendent la probabilité d'exposition trop faible ; c'est le cas par exemple de la fabrication des laines de verre/roche ou des secteurs dans lesquels la silice est utilisée comme charge.

Certains secteurs n'apparaissent pas dans la MEE car les informations disponibles n'étaient pas suffisantes. Ainsi, dans l'agriculture, le taux de silice dans la terre est variable d'une région à l'autre, et la fréquence et l'intensité des tâches effectuées dépendent des cultures, de la taille de l'exploitation etc... Les indices définis dans la matrice ne permettent pas de prendre en compte ces informations et les expositions potentielles liés à certains travaux agricoles n'ont pas été prises en compte.

Des études récentes ont montré des expositions émergentes chez les cuisinistes liées à l'installation de plans de travail à base de pierres reconstituées. Cependant, compte tenu des nomenclatures utilisées ne permettant pas de spécifier isolément ces professions et de la faible proportion des plans de travail en pierres reconstituées installées, il n'a pas été possible de documenter cette exposition dans la matrice.

## 9. Publications

La matrice est consultable gratuitement sur le portail Exp-pro de Santé publique France : [www.exp-pro.fr](http://www.exp-pro.fr)

Les indicateurs géographiques d'exposition, issus du croisement de la matrice avec les données du recensement de la population des travailleurs en France sont consultables sur le site Géodes de Santé publique France : <https://geodes.santepubliquefrance.fr/#c=home>

Cette MEE, dans sa version initiale et dans sa version actualisée, et ses applications ont fait l'objet de plusieurs publications :

- ✘ Delabre L, Houot M, Burtin A et Pilorget P. L'exposition professionnelle à la silice cristalline en France en 2017 : une question toujours d'actualité. Bull Epidémiol Hebd. *En cours de soumission*
- ✘ Marant Micallef C, Charvat H, Houot MT, Vignat J, Straif K, Paul A, et al. Estimated number of cancers attributable to occupational exposures in France in 2017: an update using a new method for improved estimates. J Expo Sci Environ Epidemiol. 2021.(utilise la version actualisée de la matrice)
- ✘ Houot M-T, Homère J, Goulard H, Garras L, Delabre L, Pilorget C. Lifetime occupational exposure proportion estimation methods: a sensitivity analysis in the general population. Int Arch Occup Environ Health. 2021.
- ✘ Lorentz E, Despreaux T, Quignette A, Chinet T, Descatha A. [Screening of occupational exposure to asbestos and silica by job-exposure matrix among patients with lung cancer and mesothelioma]. Rev Mal Respir. 2019;36(10):1088-95.
- ✘ El Zoghbi M, Salameh P, Stucker I, Paris C, Pairon JC, Gislard A, et al. Prevalence of occupational exposure to asbestos and crystalline silica according to phenotypes of lung cancer from the CaProMat study: A case-only study. Am J Ind Med. 2018;61(1):85-99.
- ✘ Radoi L, Barul C, Menvielle G, Carton M, Matrat M, Sanchez M, et al. Risk factors for salivary gland cancers in France: Results from a case-control study, the ICARE study. Oral Oncol. 2018;80:56-63.
- ✘ El Zoghbi M, Salameh P, Stucker I, Paris C, Pairon JC, Gislard A, et al. Phenotypes of lung cancer and statistical interactions between tobacco smoking and occupational exposure to asbestos and crystalline silica from a large case-only study: The CaProMat study. Lung Cancer. 2017;112:140-55.
- ✘ Florentin A. Matrices emplois-expositions et émergence des risques professionnels: application au sein du Réseau National de Vigilance des Pathologies Professionnelles Université de Lorraine; 2017.

- ✘ Florentin A, Zmirou-Navier D, members RP, Paris C. Contribution of job-exposure matrices for exposure assessment in occupational safety and health monitoring systems: application from the French national occupational disease surveillance and prevention network. *Int Arch Occup Environ Health*. 2017;90(6):491-500
- ✘ Homere J, Goulard H, Audignon Durand S, Delabre L, Pilorget C. Exposition professionnelle aux poussières alvéolaires de silice cristalline libre des artisans retraités du régime social des indépendants. Programme ESPri. Estimation de la prévalence et de la durée d'exposition vie entière. Saint-Maurice: Institut de veille sanitaire; 2014.
- ✘ Paget-Bailly S. Facteurs de risque professionnels des cancers des voies aéro-digestives supérieures : Synthèse des données épidémiologiques et analyse d'une étude cas-témoins, l'étude Icare Université Paris Sud - Paris XI; 2012.
- ✘ Lacourt A, Gramond C, Audignon S, Ducamp S, Fevotte J, Soit Ilg AG, et al. Pleural mesothelioma and occupational coexposure to asbestos, mineral wool, and silica. *Am J Respir Crit Care Med*. 2013;187(9):977-82.
- ✘ Paget-Bailly S, Guida F, Carton M, Menvielle G, Radoi L, Cyr D, et al. Occupation and head and neck cancer risk in men: results from the ICARE study, a French population-based case-control study. *Journal of occupational and environmental medicine*. 2013;55(9):1065-73.
- ✘ Fevotte J, Dananche B, Delabre L, Ducamp S, Garras L, Houot M, et al. Matgene: a program to develop job-exposure matrices in the general population in France. *Ann Occup Hyg*. 2011;55(8):865-78.
- ✘ Groupe de travail Matgéné. Présentation d'une matrice emplois-expositions aux poussières alvéolaires de silice cristalline libre – Quelques applications à un échantillon de population en France. Saint-Maurice (Fra) : Institut de veille sanitaire, décembre 2009, 6 p. Disponible sur : [www.exp-pro.fr](http://www.exp-pro.fr)