

# Fibres d'alumine

Fiche toxicologique n°305

## Généralités

L'alumine, ou trioxyde d'aluminium, de formule chimique  $Al_2O_3$ , existe à l'état naturel dans la bauxite sous forme d'alumine hydratée (gibbsite, bohémite et diaspore) mélangée à de l'oxyde de fer. L'alumine a été isolée, dès 1754, par le chimiste allemand Marggraf à partir de l'alun. L'extraction de l'alumine de la bauxite est réalisée suivant un procédé chimique nommé procédé Bayer qui est basé sur la dissolution de l'alumine par une solution de soude.

Les fibres d'alumine sont des fibres inorganiques synthétiques et plus précisément des fibres minérales non siliceuses qui peuvent être amorphes, mono- ou polycristallines. Elles sont constituées à plus de 95 % en masse d'oxyde d'aluminium, le faible pourcentage restant étant généralement de la silice cristalline ou de la zircon.

Les fibres d'alumine ne sont pas considérées comme des fibres céramiques réfractaires au sens de la classification européenne.

**On ne trouvera dans cette fiche toxicologique que des informations sur les fibres d'alumine.**

Edition 2014

Formule :

## Substance(s)

Nom	Détails
Oxyde d'aluminium	Numéro CAS <b>1344-28-1</b>
	Numéro CE <b>215-691-6</b>
	Synonymes <b>Alumine, Corindon, Alpha-alumine, Trioxyde d'aluminium, Trioxyde de dialuminium.</b>
Fibres d'alumine	Numéro CAS
	Numéro CE
	Synonymes

## Etiquette

Oxyde d'aluminium

-

■ Cette substance doit être étiquetée conformément au règlement (CE) n° 1272/2008 dit "règlement CLP".

215-691-6

## Caractéristiques

### Fabrication

Les fibres d'alumine peuvent être fabriquées selon trois procédés :

- le « slurry spinning » ou « procédé de filage à partir d'une dispersion » : cette technique est basée sur la synthèse d'un précurseur filable qui est constitué d'une solution aqueuse contenant un sel basique d'aluminium, de particules cristallines submicroniques d'alumine et d'un polymère organique qui permet d'ajuster la viscosité. La dispersion obtenue est ensuite façonnée en une fibre, au cours de plusieurs étapes de chauffage qui peuvent inclure un passage dans une flamme ;
- le procédé sol-gel : cette méthode consiste à préparer des gels microscopiques par des réactions de polymérisation minérale à partir de précurseurs moléculaires et plus précisément d'alcoxydes métalliques. Ces gels possèdent une viscosité à température ambiante qui est adaptée à l'élaboration de fibres obtenues soit par étirage soit par extrusion. Elles sont ensuite séchées puis densifiées par chauffage à quelques centaines de degrés ;
- l'élaboration de fibres mono-cristallines : cette méthode consiste à faire fondre des oxydes dans un creuset réfractaire percé en son fond d'une buse ou d'un orifice micrométrique. L'ensemble est chauffé par un système résistif ou inductif. La fibre est formée par le contact de la phase liquide avec un germe qui se trouve à l'entrée de l'orifice. La formulation passe ainsi à travers la buse par capillarité et le tirage s'effectue vers le bas avec des vitesses lentes et contrôlées. Le diamètre de la fibre dépend de celui de l'orifice et des conditions de tirage.

Les fibres commerciales d'alumine les plus connues se nomment Saffil® et Almax®.

Les fibres Saffil® sont fabriquées par l'entreprise américaine Saffil Ltd. Ce sont des fibres polycristallines composées de 95 à 97 % d'alumine et de 3 à 5 % de silice [1].

Les fibres Almax<sup>®</sup> sont élaborées par l'entreprise nipponne Mitsui Mining and Smelting Co. Ce sont des fibres composées de 99,9 % d'alumine [1]. D'autres entreprises proposent des fibres d'alumine telles que 3M et Sumitomo.

## Utilisations

Les utilisations des fibres d'alumine peuvent se répartir principalement en deux catégories : les fibres d'isolation et les fibres techniques [2].

Les fibres d'alumine sont employées en isolation lorsque les températures mises en œuvre sont très élevées (généralement supérieures à 1 000 °C). Elles sont ainsi utilisées dans :

- les garnissages de fours industriels et les enceintes thermiques par les industries du verre, de l'aluminium, de la fabrication de porcelaine et sidérurgique ;
- les joints d'expansion et d'étanchéité ;
- les appareils électroménagers chauffants comme les fours ou les grille-pains ;
- les boucliers thermiques dans le secteur de l'aérospatiale.

Les fibres d'alumine à usage technique sont employées comme matériaux de renfort dans :

- les matières plastiques pour les équipements de sport et les supports électriques et électroniques ;
- les supports anti-corrosion ;
- les filtres ;
- les matériels d'isolation et les structures destinés aux appareils cryogéniques.

Elles peuvent être mélangées à d'autres fibres, elles sont ainsi utilisées pour la protection contre les incendies. Elles sont également présentes dans les pots catalytiques et les filtres à particules diesel.

## Propriétés physiques

Les fibres d'alumine ont généralement un diamètre médian inférieur à 12 microns (µm) et une longueur pouvant atteindre plusieurs dizaines de microns. Les fibres Saffil<sup>®</sup> ont plus précisément un diamètre médian compris entre 3 et 3,5 µm, les fibres Almax<sup>®</sup> ont un diamètre voisin de 10 µm et celles commercialisées par 3M, un diamètre médian compris entre 8 et 12 µm [1].

Elles présentent une température de fusion élevée, un coefficient de dilatation proche de celui des aciers, une tenue mécanique aux températures remarquable, une bonne conductivité thermique, une grande résistivité électrique, une excellente dureté ainsi qu'une bonne résistance à l'usure.

Nom Substance	Détails
Fibres d'alumine	N° CAS <b>1344-28-1</b>
	Masse volumique <b>3,3 à 3,9 g/cm<sup>3</sup></b>
	Point de fusion <b>&gt; 2000 °C</b>
	Résistance à la traction <b>260 à 1000 MPa</b>
	Résistivité électrique <b>&gt; 10<sup>14</sup> Ohm cm à 20 °C</b>
	Coefficient de dilatation thermique <b>1,6 10<sup>-6</sup> K<sup>-1</sup></b>
	Conductivité thermique <b>26 à 35 W m<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup> à 20 °C</b>
	Module d'Young <b>300 à 400 GPa</b>
	Chaleur spécifique <b>900 J/K/Kg</b>
	Dureté <b>9 Mohs</b>
	Ténacité <b>2 à 3 MPa m<sup>1/2</sup></b>
	Résistance au cisaillement <b>330 MPa</b>
	Résistance à la compression <b>2 200 à 2 600 MPa</b>
	Résistance à la flexion <b>380 MPa</b>
	Rigidité diélectrique <b>10 à 20 kV/mm</b>
	Température maximale d'utilisation sous air. <b>1700 °C</b>

## Propriétés chimiques

Les fibres d'alumine sont quasiment insolubles dans l'eau. Elles offrent une résistance élevée à la corrosion et une très bonne inertie chimique : elles possèdent une bonne résistance aux acides (dilués et concentrés), aux alcalins, aux halogènes ainsi qu'aux métaux [3].

## VLEP et mesurages

## Valeurs Limites d'Exposition Professionnelle

En France, les fibres et poussières d'alumine sont considérées comme des poussières réputées sans effet spécifique. Le ministère chargé du travail a fixé, pour ce type de poussières, une valeur limite d'exposition professionnelle réglementaire contraignante, estimée sur la durée d'un poste de travail de 8 heures, de 10 mg/m<sup>3</sup> pour la fraction totale (poussières inhalables) et de 5 mg/m<sup>3</sup> pour la fraction alvéolaire.

À titre de comparaison, la valeur limite de moyenne d'exposition (TLV-TWA) proposée aux États-Unis par l'ACGIH pour ces poussières est de 10 mg/m<sup>3</sup> tandis que l'OSHA propose des valeurs moyennes de 15 mg/m<sup>3</sup> (fraction totale) et 5 mg/m<sup>3</sup> (fraction alvéolaire).

## Méthodes d'évaluation de l'exposition professionnelle

### Microscopie optique à contraste de phase (MOCP)

La technique habituellement utilisée pour le mesurage de la concentration en nombre de fibres dans l'air et au poste de travail est la MOCP associée à la technique du filtre à membrane. Les fibres d'alumine en suspension dans l'air sont prélevées sur des membranes filtrantes et des pompes portables sont utilisées pour les prélèvements individuels.

La membrane filtrante est ensuite transparisée pour permettre le comptage des fibres en MOCP.

La technique de comptage par MOCP, décrite dans la norme XP X 43-269 [4], prend en compte les fibres de longueur supérieure à 5 µm, de largeur inférieure à 3 µm et de rapport longueur sur largeur supérieur à 3. Le résultat est exprimé en nombre de fibres par centimètre cube d'air, calculé à partir du nombre de fibres déposées sur le filtre et du volume d'air échantillonné.

Cette technique ne permet pas de différencier les fibres d'alumine des autres fibres éventuellement présentes dans l'air, ni d'observer celles dont le diamètre est inférieur à quelques dixièmes de micron. En effet, le pouvoir séparateur d'un microscope optique est de 0,2 µm, les fibres de diamètre inférieur à cette valeur ne sont donc pas visibles.

### Microscopie électronique

La spéciation des fibres peut être effectuée avec les techniques d'analyse en microscopie électronique à transmission analytique (META) ou à balayage analytique (MEBA). En effet, couplées à des méthodes spectroscopiques de rayons X, elles permettent de déterminer la composition chimique élémentaire des fibres. La META permet en outre d'observer les fibres quel que soit leur diamètre et d'accéder à une information de nature structurale par la technique de diffraction électronique.

### Gravimétrie

Il est également possible d'utiliser une méthode d'analyse gravimétrique pour déterminer la teneur pondérale d'un aérosol de fibres d'alumine. La détermination de la masse d'aérosol prélevée s'effectue par différence entre la masse de la coupelle après prélèvement et sa masse vierge. Les résultats sont exprimés en mg/m<sup>3</sup>.

Suivant la fraction à analyser - inhalable, thoracique ou alvéolaire - le prélèvement s'effectuera :

- avec une cassette fermée, décrite dans la norme NF X 43-257 [5]. Cette méthode est mieux adaptée lorsque l'aérosol est composé de particules très fines ;
- avec des échantillonneurs de type CIP10 équipés d'une coupelle rotative composée d'une mousse polyuréthane préalablement pesée à vide, et des sélecteurs de fraction correspondants. Cette méthode est décrite dans la norme NF X 43-259 [6]. Elle semble mieux adaptée aux aérosols composés de particules de taille hétérogène.

Ces méthodes ne permettent cependant pas de différencier la nature des fibres prélevées. Elles prennent en compte toutes les poussières échantillonnées sans distinction morphologique ou de nature chimique [7 à 10].

## Incendie - Explosion

Les fibres d'alumine sont ininflammables.

## Pathologie - Toxicologie

### Toxicocinétique - Métabolisme

*On ne dispose pas d'élément concernant la cinétique et le métabolisme des fibres d'alumine.*

### Chez l'animal

Les fibres d'alumine présentent une très faible solubilité dans l'eau.

Une étude *in vitro* a montré le caractère faiblement cytotoxique des fibres Saffil® (diamètre moyen : 3,6 µm, longueur moyenne : 17 µm) sur des macrophages de rat [11].

### Toxicité expérimentale

Les fibres d'alumine ont donné lieu à très peu d'études expérimentales malgré des applications diverses et variées.

### Toxicité aiguë

*Les études réalisées par administration unique de fibres d'alumine ne montrent qu'un effet inflammatoire pulmonaire sans signe de fibrose.*

Thomson et coll. [12] n'ont pas observé de mortalité suite à une exposition aiguë de rats par inhalation. Des groupes de 12 à 18 rats mâles Fischer 344 ont été exposés 4 heures à une des cinq concentrations suivantes : 10, 50, 100, 200 et 1 000 mg d'alumine par m<sup>3</sup>. Les rats ont été examinés après 24 heures, 14 jours et 3 mois. La poudre d'alumine n'a entraîné aucune altération de la fonction pulmonaire. Cependant, les auteurs ont pu observer des variations de certains paramètres enzymatiques et cytologiques du liquide de lavage broncho-alvéolaire ainsi que des microgranulomes multifocaux dans les poumons et les tissus lymphoïdes associés aux bronches.

Lucht et coll. [13] ont pratiqué chez le rat une administration intratrachéale (5 mg) d'une fraction respirable de particules d'alumine (diamètre moyen 2,7 µm avec 74 % < 3 µm). Les animaux ont été sacrifiés après 1 mois d'exposition (n=5, groupe témoin d'un essai sur des poussières de fibres en composite de carbone). Les auteurs notaient au niveau des poumons une augmentation du nombre de macrophages alvéolaires et une absence de lésion fibrotique.

Pigott et Ismaehl [14] ont testé chez le rat par la voie intrapéritonéale les effets de deux échantillons de fibres Saffil® : le type A faiblement poreux fabriqué pour des applications à hautes températures (diamètre médian : 2,75 µm ; longueur médiane : 15,5 µm ; surface spécifique : 1-2 m<sup>2</sup>/g ; 3 % de silice) et le type B hautement poreux (diamètre médian : 3,7 µm ; longueur médiane : 17 µm ; surface spécifique : 200 m<sup>2</sup>/g ; 3,9 % de silice). Des groupes de 24 rats Wistar (12 par sexe) ont reçu une injection intrapéritonéale de 20 mg et ont été sacrifiés 3 mois, 6 mois et 1 an après l'injection. Les deux types de fibres provoquaient les mêmes effets : une réaction inflammatoire chronique sans signe de fibrose. Les auteurs concluaient qu'il n'y avait pas de relation significative entre les propriétés de surface des fibres et la réaction péritonéale.

Ces résultats concernant la fibre Saffil® ont été complétés plus récemment par l'étude de Zhang et coll. [15]. Dans cette étude, la fibre Saffil®, utilisée comme témoin négatif, présentait les caractéristiques suivantes : alumine : 95 % et silice : 4,3 % ; diamètre médian 3,2 µm avec 98 % des fibres < 5 µm ; longueur médiane 62 µm avec 95 % des fibres < 211 µm. Les rats Wistar (3 par sexe) ont reçu une injection intratrachéale de 50 mg et ont été sacrifiés un mois après. Les auteurs ont analysé les liquides de lavage broncho-alvéolaires et n'ont pas observé de différences significatives avec le groupe témoin (chlorure de sodium, 0,9 %) au niveau du nombre total de cellules et du nombre de macrophages, de neutrophiles et de lymphocytes.

## Toxicité subchronique, chronique

**Les études ne mettent pas en évidence d'effet fibrosant pulmonaire.**

Dans une étude de Pigott et coll. [16] décrite dans la partie « Cancérogénicité », les auteurs ont montré la survenue de faibles signes d'inflammation pulmonaire et une absence de fibrose après inhalation répétée chez le rat pendant 86 semaines d'un aérosol contenant 2,45 mg/m<sup>3</sup> de fibres Saffil®.

## Effets ototoxiques

## Effets génotoxiques

Aucune donnée n'est disponible chez l'animal.

## Effets cancérogènes

**Chez l'animal, les études menées par administration intrapéritonéale et intratrachéale semblent démontrer une absence de cancérogénicité des fibres Saffil®. Les études menées par inhalation montrent leur absence de pouvoir fibrogène, cancérogène et l'absence d'induction de mésothéliome.**

Pigott et coll. [16] ont exposé des rats de type Wistar par inhalation à des fibres Saffil®. La concentration atmosphérique totale en fibres Saffil® était supérieure à 10 mg/m<sup>3</sup>. Deux groupes d'animaux ont été exposés : l'un à des fibres neuves (concentration en fibres respirables de 2,18 mg/m<sup>3</sup>), et l'autre à des fibres « âgées » (concentration en fibres respirables de 2,45 mg/m<sup>3</sup>) obtenues par le chauffage de fibres neuves à 1 300 °C pendant 100 à 1 000 heures afin de simuler les atmosphères de travail. Ce chauffage induit, d'après les auteurs, une modification de la structure microcristalline des fibres sans variation de leur diamètre. Globalement, ces fibres présentaient les caractéristiques dimensionnelles suivantes : diamètre moyen 3-3,3 µm, longueur moyenne 10,5-62 µm. L'exposition était de 6 heures/jour, 5 jours/semaine pendant 86 semaines. Les sacrifices avaient lieu 14, 27 ou 53 semaines après l'exposition. Les réactions pulmonaires observées étaient faibles (macrophages alvéolaires pigmentés, pas de signe de fibrose pulmonaire). Aucune tumeur à localisation pulmonaire ou autre n'a été observée, ni aucune mortalité. Sur cette base, les auteurs pour les fibres Saffil® établissent un NOAEL à 2,45 mg/m<sup>3</sup>. Ils estimaient ces fibres comme biologiquement inertes.

Les mêmes types d'échantillons de fibres Saffil®, neuves et « âgées », ont été utilisés ultérieurement par la même équipe (Pigott et Ismaehl, [17]) afin de vérifier si ces fibres n'entraînaient pas la formation de mésothéliomes. Des rats, par groupes de 24 mâles et 24 femelles, ont été traités par une injection intrapleurale de 20 mg de fibres. Les sacrifices ont eu lieu jusqu'à 1 an après l'administration. Les incidences de tumeurs pour la fibre Saffil® neuve (16/48 animaux) ou la fibre Saffil® « âgée » (13/48 animaux) ne présentaient aucune différence avec celles des témoins (16/48 animaux). Aucun mésothéliome n'a été observé.

Stanton et coll. [18] ont réalisé une étude très importante dont l'objectif était de rechercher chez le rat l'occurrence d'apparition de sarcomes pleuraux (analogie avec le mésothéliome humain) après une administration intrapleurale d'échantillons de fibres de différentes compositions et caractéristiques granulométriques (amiante, oxyde de titane, fibre de verre, oxyde d'aluminium...). Les huit échantillons d'oxyde d'aluminium cristalline différaient par la longueur et le diamètre et provenaient tous du même échantillon initial (whiskers saphir). Quarante milligrammes de fibres dispersées dans de la gélatine ont été administrées en intrapleurale à des groupes de 30 à 50 rats femelles Osborne-Mendel, suivis pendant deux ans. Les auteurs ont observé une incidence de sarcomes variant de 1/28 (3 ± 3,4 %) pour l'échantillon « alumine 8 » de type non fibreux à 15/24 (70 ± 10,2 %) pour l'échantillon « alumine 1 » contenant le plus de fibres fines et longues. Les auteurs ont conclu pour cet échantillon d'oxyde d'aluminium, comme pour les autres fibres de cette étude, que l'incidence de ces sarcomes était corrélée avec le nombre de fibres présentant un diamètre inférieur ou égal à 0,25 µm et une longueur supérieure à 8 µm.

## Toxicité sur l'Homme

**Les effets chez l'homme sont peu connus, quelques cas de fibrose pulmonaire ont toutefois été décrits.**

## Toxicité aiguë

Aucune donnée n'est disponible chez l'homme.

## Toxicité chronique

Il existe très peu de publications décrivant des effets chez l'homme suite à des inhalations répétées de fibres d'alumine.

Deux articles font état d'une fibrose pulmonaire chez des salariés exposés à de l'oxyde d'aluminium pendant plus de 10 ans [19, 20]. Les analyses du contenu pulmonaire par biopsie ou par lavage broncho-alvéolaire montraient la présence de fibres d'alumine fines (< 1 µm) et courtes (< 5 µm), mais également de particules non-fibreuses d'oxyde d'aluminium. Ces fibres, retrouvées plusieurs années après l'arrêt de l'exposition, ont donc un potentiel de rétention certain.

Une troisième étude retrouve, chez 9 salariés d'une usine d'abrasif à base d'aluminium, des anomalies radiologiques et histologiques de fibrose pulmonaire [21].

Dans cet article, les analyses n'indiquent pas la présence de fibres et d'autre part, les sujets ont été exposés également à de la silice cristalline et à des fibres d'amiante, ce qui ne permet pas d'incriminer les fibres d'alumine dans la survenue de ces fibroses.

## Cohérence des réponses biologiques chez l'homme et l'animal

## Exposition professionnelle

Un peu moins d'une centaine de salariés mettraient en œuvre des fibres d'alumine en France [2].

Il n'y a pas de donnée enregistrée dans la base COLCHIC de l'INRS relative aux expositions aux fibres d'alumine au poste de travail en France.

Globalement, la littérature française et étrangère demeure très lacunaire sur les niveaux d'exposition des travailleurs à ces fibres.

## Réglementation

Rappel : La réglementation citée est celle en vigueur à la date d'édition de cette fiche : 4<sup>e</sup> trimestre 2014

Les textes cités se rapportent essentiellement à la prévention du risque en milieu professionnel et sont issus du Code du travail et du Code de la sécurité sociale. Les rubriques "Protection de la population", "Protection de l'environnement" et "Transport" ne sont que très partiellement renseignées.

## Sécurité et santé au travail

### Mesures de prévention des risques chimiques (agents chimiques dangereux)

- Articles R. 4412-1 à R. 4412-57 du Code du travail.
- Circulaire DRT du ministère du travail n° 12 du 24 mai 2006 (non parue au JO).

### Aération et assainissement des locaux

- Articles R. 4222-1 à R. 4222-26 du Code du travail.
- Circulaire du ministère du Travail du 9 mai 1985 (non parue au JO).
- Arrêtés des 8 et 9 octobre 1987 (JO du 22 octobre 1987) et du 24 décembre 1993 (JO du 29 décembre 1993) relatifs aux contrôles des installations.

### Prévention des incendies et des explosions

- Articles R. 4227-1 à R. 4227-41 du Code du travail.
- Articles R. 4227-42 à R. 4227-57 du Code du travail.
- Articles R. 557-1-1 à R. 557-5-5 et R. 557-7-1 à R. 557-7-9 du Code de l'environnement (produits et équipements à risques).

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

- Article R. 4222-10 du Code du travail : Poussières réputées sans effet spécifique.

### Maladies à caractère professionnel

- Articles L. 461-6 et D. 461-1 et annexe du Code de la sécurité sociale : déclaration médicale de ces affections.

### Classification et étiquetage

a) **substance** oxyde d'aluminium

Le règlement CLP (règlement (CE) n° 1272/2008 du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 (JOUE L 353 du 31 décembre 2008)) introduit dans l'Union européenne le nouveau système général harmonisé de classification et d'étiquetage ou SGH. L'oxyde d'aluminium n'est pas inscrit à l'annexe VI du règlement CLP et ne possède pas d'étiquetage officiel harmonisé au niveau de l'Union européenne.

## Protection de la population

Se reporter aux règlements modifiés (CE) 1907/2006 (REACH) et (CE) 1272/2008 (CLP). Pour plus d'information, consulter les services du ministère chargé de la santé.

## Protection de l'environnement

Installations classées pour la protection de l'environnement : les installations ayant des activités, ou utilisant des substances, présentant un risque pour l'environnement peuvent être soumises au régime ICPE.

Pour consulter des informations thématiques sur les installations classées, veuillez consulter le site (<https://aida.ineris.fr>) ou le ministère chargé de l'environnement et ses services (DREAL (Directions Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du logement) ou les CCI (Chambres de Commerce et d'Industrie)).

## Transport

Se reporter entre autre à l'Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (dit " Accord ADR ") en vigueur (<https://unece.org/fr/about-adr>). Pour plus d'information, consulter les services du ministère chargé du transport.

## Recommandations

L'évaluation des risques est notamment basée sur la nature des fibres concernées et la forme sous laquelle elles sont produites, transformées ou utilisées (humides, additionnées de liant, sèches, etc.), sur le procédé industriel mis en œuvre, sur les niveaux d'exposition attendus ainsi que sur les méthodes envisagées pour réduire les émissions.

La mise en œuvre des mesures de prévention collective est prioritaire sur les mesures de protection individuelle et de manière générale, il convient de rechercher le niveau d'exposition le plus bas possible.

L'information et la formation des salariés porte sur les dangers pour la santé des fibres et de leurs dérivés, sur les pratiques de travail recommandées et sur l'utilisation des équipements de protection collective et individuelle.

## Protection collective

- Avoir recours à des systèmes clos (enceintes ou mélangeurs) en utilisant des techniques automatisées.
- Capter les fibres et poussières à la source en mettant en place une ventilation par aspiration localisée chaque fois que cela est réalisable, en tenant compte de la nature, des caractéristiques et du débit des polluants, de la taille et du type d'opérations effectuées ainsi que des mouvements d'air. Le captage des poussières à la source s'effectue préférentiellement avec des systèmes aspirants, de type tables à dosseret aspirant. Les installations de captage doivent être conçues et dimensionnées de telle sorte que les concentrations en fibres et poussières dans l'atmosphère de travail soient toujours maintenues au niveau le plus bas possible. La ventilation générale n'est envisagée qu'en complément de la ventilation locale, ou si le recours à une ventilation locale est techniquement impossible. En effet, la ventilation générale n'est généralement pas satisfaisante car elle admet un niveau de pollution résiduelle sur le lieu de travail et des gradients de concentration importants entre la source et l'ambiance de l'atelier.
- Travailler à l'humide, si le contexte le permet, en prenant garde au risque électrique.
- Délimiter, signaler et restreindre l'accès à la zone de mise en œuvre.
- Déballer les fibres d'alumine au dernier moment et au plus près de leur lieu d'utilisation.
- Éviter l'usinage (découpe, perçage, ponçage...) de fibres ou de matériaux en contenant en utilisant des produits prêts à poser ou pré-usinés. Si des découpes ou des perçages sont nécessaires, effectuer ces opérations sur une table à dosseret aspirant.
- Utiliser des outils manuels (couteaux, cutters, massicots) ou électriques à vitesse lente, qui produisent moins de poussières. Si des outils électriques à vitesse élevée sont néanmoins utilisés, ils doivent être munis de systèmes intégrés de captage des poussières équipés de filtres à très haute efficacité de classe H13 selon la norme NF EN 1822-1.
- Conditionner les fibres de manière totalement étanche, dans des emballages doubles en matière plastique soigneusement fermés. Leur stockage doit s'effectuer dans des locaux frais, bien ventilés, à l'abri des rayons solaires et à l'écart de toute source de chaleur ou d'ignition et des matières inflammables.
- Maintenir en bon état de propreté la zone de travail avec un aspirateur équipé d'un filtre très haute efficacité ou par un nettoyage à l'humide avec de l'eau additionnée de détergent. Afin d'éviter la présence de débris ou déchets sur le sol, disposer des poubelles ou des conteneurs d'élimination étanches au plus près des zones de travail.
- Proscrire l'emploi de la soufflette à air comprimé et du balai.
- Respecter les règles d'hygiène strictes avec notamment la prise d'une douche en fin de poste afin de limiter l'incrustation des fibres dans la peau. Les vêtements de travail doivent être soigneusement lavés, et rangés séparément des autres vêtements.
- Contrôler et entretenir régulièrement l'ensemble des installations de ventilation.
- Indiquer dans une consigne d'utilisation les dispositions prises pour la ventilation et fixer les mesures à prendre en cas de panne des installations.
- Procéder à des mesures régulières de la concentration en fibres aux postes de travail, en faisant intervenir une personne ou un organisme agréé.

## Protection individuelle

- Le salarié doit être muni d'équipements de protection individuelle et doit notamment revêtir un vêtement de travail, si possible à usage unique, ensemble veste et pantalon ample, ajustable au niveau du cou, des poignets et des chevilles, et dépourvu de plis ou revers avec des poches à rabats.
- Il doit également porter des gants étanches et des lunettes équipées de protections latérales.
- Si le captage à la source des fibres et des poussières est insuffisant, il est recommandé de porter un appareil de protection respiratoire filtrant anti-aérosols. Lorsque les opérations sont de courte durée, un demi-masque ou un masque complet à ventilation libre muni d'un filtre de classe 2 peut être utilisé (une pièce faciale équipée d'un filtre P2 ou une pièce faciale filtrante jetable FFP2). Si les travaux sont amenés à durer plus d'une heure, il est conseillé de porter un appareil de protection respiratoire filtrant à ventilation assistée de type cagoule TH2 P, demi-masque ou masque complet TM2 P [22].

## Au point de vue technique

### Stockage

### Manipulation

## Au point de vue médical

- À l'examen d'embauche, il convient de réaliser une évaluation la plus précise possible des expositions antérieures aux fibres d'amiante et aux fibres céramiques réfractaires, ainsi qu'à la silice cristalline. Lorsqu'elles sont répertoriées, le suivi médical à mettre en œuvre est celui préconisé pour les expositions à ces polluants.
- Il convient de ne pas affecter à un poste comportant un risque d'exposition aux fibres d'alumine des salariés présentant une pathologie respiratoire chronique. L'examen clinique à l'embauche peut être complété par la réalisation d'une radiographie du thorax standard et d'explorations fonctionnelles respiratoires qui serviront d'examen de référence.
- Lors des visites périodiques, des signes locaux d'irritation des voies respiratoires doivent être recherchés.
- La fréquence des examens médicaux périodiques et la nécessité ou non d'effectuer des examens complémentaires seront déterminées par le médecin du travail en fonction de l'importance de l'exposition.
- Les examens complémentaires d'embauche pourront être répétés à intervalles réguliers.
- Lors d'accidents aigus, il convient de demander systématiquement l'avis d'un médecin ou du centre antipoison régional. En cas de projection oculaire, les yeux doivent être lavés immédiatement et abondamment à l'eau tiède pendant au moins 15 minutes. La survenue ou la persistance d'une rougeur, d'une douleur ou de troubles visuels après ce lavage impose un examen par un ophtalmologiste.
- En cas d'inhalation massive de fibres et de poussières, le salarié doit être retiré de la zone polluée après avoir pris toutes les précautions nécessaires pour les sauveteurs. Des manœuvres de réanimation pourront être entreprises si besoin. En cas de gêne respiratoire, le salarié doit être transféré à l'hôpital en ambulance médicalisée pour un bilan clinique et éventuellement radiologique, une surveillance et un traitement symptomatique si nécessaire.

## Bibliographie

- 1 | Concise encyclopedia of composite materials, A. Kelly, 1994.
- 2 | Moreau B, Grzebyk M - Utilisation de matériaux fibreux en France. Note documentaire ND 2299. Hyg SécurTrav. CahNotes Doc.2008 ; 213 : 27-43.
- 3 | Surface characteristics of fibers and textiles, Surfactant science series, volume 94, Pastore C et Kiekens P, 2000.

- 4 | Qualité de l'air. Air des lieux de travail. Détermination de la concentration en nombre de fibres par microscopie optique en contraste de phase. Méthode du filtre à membrane. Norme XP X 43-269. La Plaine Saint-Denis : AFNOR ; mars 2002 : 38 pp.
- 5 | Qualité de l'air. Air des lieux de travail. Prélèvement d'aérosol à l'aide d'une cassette (orifice 4 mm). Norme NF X 43-257. La Plaine Saint-Denis : AFNOR ; mai 2008 : 17 pp.
- 6 | Qualité de l'air. Air des lieux de travail. Prélèvement individuel ou à poste fixe de la fraction alvéolaire de la pollution particulaire. Méthode de séparation par cyclone 10 mm. Norme NF X 43-259. La Plaine Saint-Denis : AFNOR ; mai 1990.
- 7 | Concentration pondérale d'un aérosol. Fiche MET 002. In : MétroPol. Métrologie des polluants. INRS, 2009 ( [www.inrs.fr/metropol/](http://www.inrs.fr/metropol/)).
- 8 | Comptage des fibres par microscopie optique en contraste de phase. Fiche MET 054. In : MétroPol. Métrologie des polluants. INRS, 2008 ( [www.inrs.fr/metropol/](http://www.inrs.fr/metropol/)).
- 9 | Concentration pondérale d'un aérosol sur mousse tournante (CIP 10). Fiche MET 085. In : MétroPol. Métrologie des polluants. INRS, 2009 ( [www.inrs.fr/metropol/](http://www.inrs.fr/metropol/)).
- 10 | Échantillonnage individuel d'un aérosol par l'appareil CIP10. Fiche méthodologique H4. In : MétroPol. Métrologie des polluants. INRS, 2002 ( [www.inrs.fr/metropol/](http://www.inrs.fr/metropol/)).
- 11 | Styles JA, Wilson J - Comparison between in vitro toxicity of two novel fibrous mineral dusts and their tissue reactions in vivo. *Ann Occup Hyg*. 1976 Jul ; 19(1) : 63-68.
- 12 | Thomson SM, Burnett DC, Bergmann JD, Hixson CJ - Comparative inhalation hazards of aluminum and brass powders using bronchopulmonary lavage as an indicator of lung damage. *J Appl Toxicol*. 1986 Jun ; 6(3) : 197-209.
- 13 | Lucht DL, Martin TR, Boatman ES - Response of the rat lung to respirable fractions of composite fiber-epoxy dusts. *Environ Res*. 1989 Feb ; 48(1) : 57-69.
- 14 | Pigott GH, Ishmael J - An assessment of the fibrogenic potential of two refractory fibres by intraperitoneal injection in rats. *Toxicol Lett*. 1981 May ; 8(3) : 153-163.
- 15 | Zhang Z, Wang X, Lin L, Xing S, Wu Y, Li Y, Wu L, Gang B - The effects of carbon fibre and carbon fibre composite dusts on bronchoalveolar lavage component of rats. *J Occup Health*. 2001 ; 43 : 75-79.
- 16 | Pigott GH, Gaskell BA, Ishmael J - Effects of long term inhalation of alumina fibres in rats. *Br J Exp Pathol*. 1981 Jun ; 62(3) : 323-331.
- 17 | Pigott GH, Ishmael J - The effects of intrapleural injections of alumina and aluminosilicate (ceramic) fibres. *Int J Exp Pathol*. 1992 Apr ; 73(2) : 137-146.
- 18 | Stanton MF, Layard M, Tegeris A, Miller E, May M, Morgan E, Smith A - Relation of particle dimension to carcinogenicity in amphibole asbestoses and other fibrous minerals. *J Natl Cancer Inst*. 1981 Nov ; 67(5) : 965-975.
- 19 | Gilks B, Churg A - Aluminum-Induced Pulmonary Fibrosis : Do Fibers Play a Role ? *American Review of Respiratory Disease*. 1987 ; 136(1) : 176-179.
- 20 | Voisin C, Fisekci F, Buclez B, Didier A, Couste B, Bastien F, Brochard P, Pairon JC - Mineralogical analysis of the respiratory tract in aluminium oxide-exposed workers. *Eur Respir J*. 1996 ; 9(9) : 1874-1879.
- 21 | Jederlinic PJ, Abraham JL, Churg A, Himmelstein JS, Epler GR, Gaensler EA - Pulmonary fibrosis in aluminum oxide workers. Investigation of nine workers, with pathologic examination and microanalysis in three of them. *Am Rev Respir Dis*. 1990 ; 142(5) : 1179-1184.
- 22 | Les appareils de protection respiratoire. Choix et utilisation. ED 6106, INRS, Paris 2011.