

Microfibres de verre

Fiche toxicologique n°268 - Edition Décembre 2021

Généralités

Les microfibres de verre sont des fibres inorganiques synthétiques. Plus précisément, elles rentrent dans la famille des fibres siliceuses minérales artificielles (ou FMA). Ces FMA constituent une grande famille de fibres inorganiques fabriquée à partir de minéraux naturels fondus. De diamètres et longueurs différents, elles sont utilisées dans des applications variées (isolation, médias de filtration, renforts...).

Bien qu'appartenant à la même famille et étant toutes à base de verre, microfibres de verre, laines de verre et filaments continus de verre ne doivent pas être confondus. La composition spécifique des microfibres de verre permet de produire des fibres dont le diamètre peut être inférieur au micron et leur confère des propriétés de surface particulières.

Le terme de "fibres à usage spécial" a été employé par le passé, pour désigner les microfibres de verre.

Les microfibres de verre sont en verre borosilicaté incolore. Plusieurs types de verre sont distingués (E, 475, 253, 481, A, B,...) en fonction des teneurs des différents éléments entrant dans leurs compositions (cf. tableau 1).

Elles ont une longueur au moins trois fois supérieure à leur diamètre.

Ce sont essentiellement des fibres dont le diamètre est inférieur à 3 µm. Le diamètre peut varier de 0,1 à 6 µm.

Les différentes données disponibles, notamment toxicologiques, concernent principalement le verre E et le verre 475.

Composition	Fibres "FMMVF" (dossier d'enregistrement REACH 01-2119495511-37-00XX, N°CE 926-771-1) dont microfibres de verre B, C et JM 475, JM 253	Microfibres de verre E (dossier d'enregistrement REACH 01-2119488048-29-0001)	JM 481
SiO ₂	50 - 80	50 - 60	60, 8
Al ₂ O ₃	2 - 8	12 - 18	2
B ₂ O ₃	Non précisé	5 - 12	11, 4
K ₂ O	0 - 15	0 - 2	4, 2
Na ₂ O	0 - 25	0 - 2	9, 1
MgO	0 - 15	0 - 6	1, 3
CaO	0 - 25	0 - 25	1, 9
BaO	0 - 8	Non précisé	5, 0
TiO ₂	Non précisé	Non précisé	Non précisé
Fe ₂ O ₃	0 - 16	Non précisé	Non précisé
F ₂	Non précisé	Non précisé	Non précisé
ZnO	Non précisé	Non précisé	4, 2
Autres oxydes autres que ceux pour lesquels la teneur est définie dans ce tableau	0 - 18	0 - 18	Non précisé

Tableau 1. Exemples de compositions de microfibres de verre exprimées en pourcentages massiques d'oxydes

Remarques concernant le Tableau 1 :

La dénomination « FMMVF » (Filtration Man Made Vitreous Fibers) regroupe plusieurs types de microfibres de verre biopersistantes (dont des microfibres de type B, C et 475) ayant fait l'objet d'un enregistrement au titre du règlement Reach par un consortium de déclarants (soumission conjointe).

Les compositions figurant dans ce tableau ont été communiquées par l'industrie.

Dans la liste européenne officielle des substances dangereuses (règlement CLP), les microfibres de verre se répartissent aujourd'hui dans trois groupes de substances possédant une classification et un étiquetage officiels : deux groupes de fibres spécifiques et les laines minérales.

Quelques microfibres de verre (parmi celles couvertes par le groupe des laines minérales - numéro index 650-016-00-2) sont exonérées de la classification cancérogène officielle car elles répondent aux critères énoncés par la note de classification Q associée au numéro index 650-016-00-2.

Le tableau 2 synthétise les caractéristiques de ces trois groupes de fibres ainsi que leur classification.

La liste européenne des substances dangereuses définit également une classification et un étiquetage harmonisés couvrant les fibres céramiques réfractaires (FCR) et les fibres à usage spécial, des fibres siliceuses artificielles dont la teneur en oxydes alcalins et alcalinoterreux est inférieure ou égale à 18 % (numéro index 650-017-00-8). Les microfibrilles de verre aujourd'hui mises sur le marché ont une teneur en oxydes alcalins et alcalinoterreux supérieure à 18 % et ne sont pas concernées par cette classification et cet étiquetage.

N° index	Nom général	Composition	Procédé de fabrication	Classification	Exonérations de classification possibles	Exemples communiqués par l'industrie
014-046-00-4	Microfibres de verre E de composition représentative	Fibres de silicate-calcium-aluminium à orientation aléatoire de composition suivante (en pourcentage massique) : <ul style="list-style-type: none"> SiO₂ : 50 - 56 % Al₂O₃ : 13 - 16 % B₂O₃ : 5,8 - 10 % Na₂O : < 0,6 % K₂O : < 0,4 % CaO : 15 - 24 % MgO : < 5,5 % Fe₂O₃ : < 0,5 % F₂ : < 1 %. Autres éléments pouvant être présents à faible teneur		Cancérogène de catégorie 1B (inhalation)		Microfibres de verre E
014-047-00-X	Microfibres de verre de composition représentative	Fibres de silicate-calcium-aluminium à orientation aléatoire de composition suivante (en pourcentage massique) : <ul style="list-style-type: none"> SiO₂ : 55-60 % Al₂O₃ : 4-7 % B₂O₃ : 8-11 % ZrO₂ : 0-4 % Na₂O : 9,5-13,5 % K₂O : 0-4 % CaO : 1-5 % MgO : 0- 2 % Fe₂O₃ : < 0,2 % ZnO : 2-5 % BaO : 3-6 % F₂ : < 1 % Autres éléments pouvant être présents à faible teneur	Généralement fabriquées par atténuation de flamme (étirage à la flamme) et par rotation (la liste des procédés n'exclut pas l'innovation)	Cancérogène de catégorie 2 (inhalation)		Certaines fibres couvertes par le dossier d'enregistrement FMMVF (type B, type 475...).
650-016-00-2	Laines minérales à l'exception de celles faisant l'objet d'une classification officielle spécifique	Fibres vitreuses (silicates) artificielles à orientation aléatoire présentant une teneur en oxydes alcalins et alcalinoterreux (Na ₂ O +K ₂ O+CaO+MgO+BaO) > 18 % (en poids)		Cancérogène de catégorie 2	Exonération possible pour laines non biopersistantes ou sur la base d'études de toxicité intra-péritonéale ou par inhalation à long terme ne montrant pas d'effet cancérogène (note Q) Exonération pour fibres non respirables (note R)	<ul style="list-style-type: none"> Microfibres couvertes par le dossier d'enregistrement Reach 01-2119472313-44-00XX (N° CE 926-099-9) dont JM 481 et 902 (fibres non biopersistantes exonérées de classification cancérogène au titre de la note Q) Certaines microfibrilles couvertes par le dossier d'enregistrement FMMVF (type A, type C, JM 253...). (fibres biopersistantes pour lesquelles la classification cancérogène s'applique)

--	--	--	--	--	--	--

Tableau 2. Classifications et caractéristiques réglementaires des microfibrilles de verre

Formule :

-

Substance(s)

Nom	Détails	
Microfibrilles de verre de composition représentative	Numéro index	014-047-00-X
Microfibrilles de verre E de composition représentative	Numéro index	014-046-00-4
Laine minérale à l'exception de celles spécifiées ailleurs dans la présente annexe VI du CLP.	Numéro index	650-016-00-2

Etiquette



Microfibrilles de verre de composition représentative

[Fibrilles de silicate- calcium-aluminium à orientation aléatoire selon la composition suivante (en pourcentage massique) : SiO₂ 55-60 %, Al₂O₃ 4-7 %, B₂O₃ 8- 11 %, ZrO₂ 0-4 %, Na₂O 9,5-13,5 %, K₂O 0-4 %, CaO 1-5 %, MgO 0-2 %, Fe₂O₃ < 0,2 %, ZnO 2-5 %, BaO 3-6 %, F₂ < 1 %.

Procédés de fabrication : généralement obtenues par étirage à la flamme et par rotation (d'autres éléments peuvent être présents à faible teneur ; la liste des procédés n'excluant pas l'innovation)].

Attention

- H351 (Inhalation) - Susceptible de provoquer le cancer par inhalation

Les conseils de prudence P sont sélectionnés selon les critères de l'annexe 1 du règlement CE n° 1272/2008.

014-047-00-X



Microfibres de verre E de composition représentative

[Fibres de silicate-calcium-aluminium à orientation aléatoire selon la composition suivante (en pourcentage massique) : SiO₂ 50-56 %, Al₂O₃ 13-16 %, B₂O₃ 5,8- 10 %, Na₂O < 0,6 %, K₂O < 0,4 %, CaO 15-24 %, MgO < 5,5 %, Fe₂O₃ < 0,5 %, F₂ < 1 %.
Procédés de fabrication : généralement obtenues par étirage à la flamme et par rotation (d'autres éléments peuvent être présents à faible teneur ; la liste des procédés n'exclut pas l'innovation)]

Danger

H350 (Inhalation) – Peut provoquer le cancer par inhalation

Les conseils de prudence P sont sélectionnés selon les critères de l'annexe 1 du règlement CE n° 1272/2008.

014-046-00-4



Laine minérale

à l'exception de celles spécifiées ailleurs dans la présente annexe
[Fibres vitreuses (silicates) artificielles à orientation aléatoire présentant une teneur en oxydes alcalins et alcalinoterreux (Na₂O +K₂O+CaO+MgO+BaO) supérieure à 18 % (en poids)]

Attention

H351 – Susceptible de provoquer le cancer

Les conseils de prudence P sont sélectionnés selon les critères de l'annexe 1 du règlement CE n° 1272/2008.

650-016-00-2

Remarque : afin de faciliter l'identification des substances présentées dans cette fiche, des informations additionnelles sur leur désignation figurent entre crochets dans l'annexe VI du règlement CLP (voir paragraphe Etiquette). Il n'y a pas d'obligation de mentionner ce complément d'information sur l'étiquette réglementaire de ces substances.

Les fibres entrant dans cette vaste définition de « laine minérale » peuvent être exonérées de la classification cancérogène de catégorie 2 ; H351 lorsqu'elles répondent aux conditions d' **exemption de la note Q et de la note R** associée à cette classification officielle (voir partie réglementaire). Il s'agit d'une grande majorité de laines minérales d'isolation et de certaines microfibres.

Caractéristiques

Fabrication

Le fibrage du verre fondu (obtenu par la fusion du mélange d'oxydes) peut faire appel à différentes techniques : un étirage centrifuge mécanique du verre à travers un dispositif rotatif percé de trous ou à travers des cylindres rotatifs (atténuation rotative), ou une atténuation des fibres utilisant des jets de gaz à haute température ou de l'air comprimé (atténuation de flamme). Le procédé détermine le diamètre de la fibre.

Les microfibrilles sont ensuite collectées, utilisées sous forme vrac ou mises sous forme de matelas [1]. Selon les applications visées, différents liants et additifs sont ensuite ajoutés pour conférer des qualités spécifiques aux fibres et les transformer en différents produits non-tissés.

Utilisations

Les matériaux à base de microfibrilles de verre se présentent sous forme de nappes ou de matelas, voiles, feutres, tissus.

Les fibres ou les articles contenant ces fibres sont principalement utilisés comme :

- matériaux d'isolation phonique et thermique dans l'industrie automobile, aérospatiale et aéronautique (dans le fuselage, les moteurs et les réacteurs),
- médias filtrants dans les systèmes de filtration d'air à très haute et ultra haute efficacité (salle blanche, chambres stériles pour hôpitaux, industries électroniques et photographiques, bureaux, aéroports, hôtels, résidences, aspirateurs ...) et dans les filtres de protection respiratoire anti-aérosols (NF EN 143),
- médias filtrants pour la filtration des liquides (traitement de l'eau, traitement des eaux usées, procédés industriels),
- médias de filtration pour l'approvisionnement de gaz, de vapeur et d'électricité,
- médias de filtration et de séparation dans des process par jet d'air,
- séparateur dans les batteries sans entretien ou les batteries solaires.

Les microfibrilles de verre peuvent être employées dans d'autres applications notamment en renfort dans les résines pour prothèses dentaires temporaires.

Commercialisées depuis les années 1950, 2200 tonnes de microfibrilles de verre auraient été utilisées annuellement en France (information datant de la fin des années 2000), dont moins de 100 kg de microfibrilles de verre E [2, 3].

Les dossiers d'enregistrement constitués dans le cadre du règlement Reach cités pour exemples dans le tableau 1 l'ont été pour une quantité autorisée de mise sur le marché européen (fabrication ou importation) :

- de 1 à 10 tonnes par an pour les microfibrilles de verre E,
- de 10 000 à 100 000 tonnes par an pour des fibres de type FMMVF.

Cette fourchette de tonnages correspond aux volumes théoriques autorisés pour une mise sur le marché européen. Elle ne présume pas des tonnages réellement fabriqués/commercialisés (pour les microfibrilles de verre de type FMMVF, volumes mis sur le marché estimés par l'industrie, supérieurs à 1000 tonnes par an).

Propriétés physiques

[1, 4 à 7]

Les microfibrilles de verre sont essentiellement des fibres dont le diamètre est inférieur à 3 µm pouvant aller de 0,1 µm à moins de 6 µm. Elles ne sont pas solubles dans l'eau. Contrairement à l'amiante qui se fragmente longitudinalement, ces fibres se fragmentent transversalement.

Elles sont de très bons isolants thermiques et électriques. Par ailleurs, ces fibres possèdent d'excellentes caractéristiques mécaniques (forte résistance à la traction, faible allongement et poids spécifique réduit).

Les tableaux suivants précisent le diamètre des microfibrilles de verre commercialisées par Johns Manville et Lauscha.

Code JM	Type de verre	Diamètre des fibres (µm)
90	475	0,26
100	253, 475, 481	0,32
102	253, 475	0,40
104	253, 475, 481	0,50
106	253, 475, 481	0,65
206	253	0,77
108A	475	1,00
108B	475	1,80
110X	475, 481	2,70
210X	475, 253	3,00

Tableau 3. Correspondance entre les codes JM (Johns Manville), le type de verre et le diamètre des fibres.

Les codes mentionnés dans le tableau 3 indiquent le diamètre moyen des fibres mais ne précisent pas le type de verre composant la fibre. Ainsi un même code peut désigner des verres de composition chimique très différente.

Par ailleurs, les microfibrilles de verre de type E ont été commercialisées dans le passé avec les codes 104, 106 et 108B.

Type de verre	Gamme de diamètres nominaux des fibres (μm)
B	0,26-5
C	0,53-4,1
A	0,53 - 2,44
E	0,56-0,8

Tableau 4. Gamme de diamètres nominaux des microfibres de verre Lauscha

Propriétés physiques :

Nom Substance	Détails	
Verre E	Masse volumique	2,4 à 2,6 g/cm³
	Point de fusion	> 700 °C
	Taille des fibres	
	Température de ramolissement	850 °C
	Allongement à la rupture	3 à 4 %
	Indice de réfraction	1,512 à 1,548
	Résistance à la traction	3,4 GPa
	Constante diélectrique	5,8 à 6,7.10⁶ Hz
	Résistivité électrique	10 15 ohm/cm
	Coefficient de dilatation thermique	5.10⁻⁶/K
	Conductivité thermique	0,9 W/mK
	Module d'Young	73 GPa
Fibres de type FMMVF (cf. tableau 1).	Masse volumique	2,4 à 2,6 g/cm³
	Point de fusion	> 700 °C
	Taille des fibres	Diamètre : 0,2 à 0,4 μm
	Température de ramolissement	650 °C
	Allongement à la rupture	3 à 4 %
	Indice de réfraction	1,512 à 1,548
	Résistance à la traction	
	Constante diélectrique	
	Résistivité électrique	
	Coefficient de dilatation thermique	
	Conductivité thermique	
	Module d'Young	

Propriétés chimiques

Ces fibres possèdent également de très bonnes caractéristiques chimiques. Elles résistent aux principaux solvants organiques et inorganiques, aux acides à l'exception de l'acide fluorhydrique et aux bases très concentrées.

Elles ne recristallisent pas à haute température et ne forment donc pas de silice cristalline comme les fibres céramiques réfractaires par exemple. Par ailleurs, lors de l'exposition à des températures élevées, les liants utilisés se dégradent [4].

VLEP et mesurages

Valeurs Limites d'Exposition Professionnelle (VLEP)

En France, la valeur limite d'exposition professionnelle applicable pour les microfibres de verre est la valeur limite de moyenne d'exposition indicative sur 8 heures définie pour les fibres de verre.

Substance	Pays	VLEP 8h (mg/m ³)	VLEP Description
Fibres de verre	France (VLEP - circulaire 1995)	1 fibre/cm ³	
Fibres de verre à usage spécial, laines de verre, de roche, de laitier	Etats-Unis (ACGIH)	1 fibre/cm ³	fraction alvéolaire
Fibres minérales artificielles dont le taux d'oxydes alcalins et alcalino-terreux > 18% (hors FCR et fibres à usage spécial)	Royaume-Uni	5 mg/m ³ ; 2 fibres/mL	fraction alvéolaire

Méthodes d'évaluation de l'exposition professionnelle

Différentes natures de fibres peuvent être présentes dans l'air des lieux de travail et les méthodes d'évaluation de l'exposition aux aérosols de fibres nécessitent d'être adaptées à la diversité de leur nature, de leurs dimensions et/ou de leur nombre.

La technique la plus habituelle est le mesurage de la concentration en nombre par la technique du filtre à membrane. L'aérosol est prélevé à l'aide d'une cassette ouverte de 25 mm de diamètre, à col court et en matériau conducteur de l'électricité, équipée d'une membrane filtrante quadrillée, en mélange d'esters de cellulose (porosité < 1,2 µm) et d'un support secondaire de porosité supérieure. La pureté des blancs de lot des membranes et supports filtrants aura été vérifiée auparavant. La membrane est ensuite rendue optiquement transparente par traitement aux vapeurs d'acétone puis au triacétate de glycérol (triacétine), pour permettre le comptage des fibres par microscopie optique à contraste de phase (MOCP) [8 à 10].

Cette méthode, voisine de celle publiée par l'OMS [11] permet de compter les fibres de longueur supérieure à 5 µm, de rapport longueur/diamètre supérieur à 3 en distinguant les fibres dont le diamètre est inférieur à 3 µm (à prendre en compte pour comparaison à la VLEP), de celles dont le diamètre est supérieur à 3 µm (dont la prise en compte permet de mieux caractériser les aérosols de fibres).

La norme AFNOR NF X43-269 prévoit également de classer les fibres sur la base de leurs critères morphologiques et chimiques, à l'aide de la microscopie électronique à balayage analytique (MEBA) telle que décrite dans la norme ISO 14966 qui peut être étendue aux fibres de verre, si l'on dispose de spectres de références [9, 12].

Incendie - Explosion

Les microfibrilles de verre sont incombustibles.

Pathologie - Toxicologie

Les éléments de toxicologie disponibles sur les microfibrilles de verre concernent principalement les fibres E et 475 et ne permettent pas de préjuger du comportement des autres fibres dont les compositions et les tailles sont différentes. De par leur granulométrie, certaines microfibrilles de verre peuvent être considérées comme des nanofibrilles.

Toxicocinétique - Métabolisme

[13]

D'une façon générale, le site de déposition des fibres varie selon les dimensions de ces dernières. Chez le rat, les fibres longues de diamètre inférieur à 1,5 µm et les fibres courtes de diamètre inférieur à 3 µm sont respirables et peuvent atteindre le compartiment alvéolaire. La biopersistance des microfibrilles de verre est variable selon la composition chimique et les dimensions des fibres. Les données relatives aux microfibrilles de type E et 475 suggèrent que ces fibres sont relativement biopersistantes comparativement aux laines de verre.

Chez l'animal

■ Toxicocinétique

Par inhalation, la dimension des fibres (diamètre et longueur) est un des paramètres majeurs qui détermine la pénétration et le site de déposition dans les voies aériennes. Chez l'homme, on considère que les fibres de diamètre (D) inférieur à 3 µm et de longueur (L) supérieur à 5µ, avec le rapport L/D supérieur ou égal à 3 sont respirables et peuvent se déposer dans le poumon profond. Les fibres de verre à usage spécial ont généralement un diamètre qui n'excède pas 3 µm [4] et des fibres de longueur respirable sont vraisemblablement produites lors de leur fabrication ou de leur manipulation.

Une étude sur des microfibrilles radio-marquées de composition non spécifiée (diamètre médian : 0,15 µm ; longueur moyenne : 5,4 µm) a montré que 54 % de la dose inhalée se déposent dans les voies aériennes chez le chien Beagle (n=4) exposé par inhalation pendant 1 heure. Après 4 jours, 77 % de cette dose sont excrétés, principalement dans les matières fécales, ce qui indique que cette fraction était vraisemblablement déposée dans la partie supérieure de l'appareil respiratoire d'où elle est éliminée par déglutition. 88 % de la dose non excrétée se retrouve dans les poumons et de faibles quantités de radioactivité sont détectées dans le sang, le foie et le tractus gastro-intestinal [14].

■ Biopersistance - Durabilité

Dans les études par inhalation chronique chez le rongeur, la biopersistance des fibres et plus particulièrement de celles de longueur > 20 µm, s'est révélée être un des déterminants de leur pathogénicité.

Les essais *in vitro* de dissolution des fibres dans un tube à essai, donnent une estimation de la rapidité avec laquelle une fibre est susceptible de se dissoudre dans un fluide corporel. Dans la réglementation européenne, le seuil utilisé pour qualifier une fibre biopersistante est de 10 jours dans les tests réalisés par inhalation (cf.5 Réglementation). La constante de dissolution mesurée *in vitro* à pH 7,4 était de 9 ng/cm²/h pour les fibres E et de 12 ng/cm²/h pour les fibres 475. Comparativement, cette constante est de 1 ng/cm²/h pour les fibres d'amiante (amosite et crocidolite) et de 300 ng/cm²/h pour la fibre très soluble MMVF10 (901 Glass Wool) [1].

Dans les études *in vivo* court terme chez le rongeur, différents types de fibres ont été testés afin de mesurer le temps nécessaire pour éliminer la moitié des fibres pulmonaires. La demi-vie de clairance pulmonaire qui tient compte de la clairance trachéo-bronchique et de la clairance pulmonaire profonde des fibres, était corrélée avec la toxicité chronique produite par les fibres pour laquelle ont été observées des différences inter-espèces. Ainsi, la clairance pulmonaire des fibres longues (> 20 µm) après inhalation était de 79 jours pour la fibre E-Glass (MMVF32 ; chez le rat), 49 jours pour la fibre 475 (MMVF33 ; chez le hamster), à comparer avec les 14,5 jours de la MMVF10 (laine de verre d'isolation peu biopersistante chez le rat) et avec les 418 jours pour l'amosite (chez le rat) [15].

Zeidler-Erdely et al [16] ont étudié *in vitro* les différences interespèces liées à la longueur des fibres JM-100 (longueur 8, 10, 16 et 20 µm ; diamètre non indiqué dans la publication) en cultures primaires de macrophages humains et de rats. Les données sur les cellules humaines montrent une phagocytose complète des fibres de 20 µm et une absence de cytotoxicité probablement en raison du diamètre des macrophages, plus grand que ceux de rats lesquels présentaient une phagocytose incomplète des fibres longues et une toxicité dépendant de leur longueur.

L'étude de Hesterberg et al [17] chez le rat initialement exposé par inhalation 6 heures/jour pendant 5 jours rapporte qu'après 1 an, la charge pulmonaire résiduelle en fibres > 20 µm était de 10 % (MMVF32 E-Glass), 6 % (MMVF33 475-Glass) et 30 % (amosite) à comparer avec les 0,04 % pour la fibre biosoluble MMVF34 ; les temps de clairance de 90 % de ces fibres était respectivement de 371, 240, 2095 et 19 jours. A noter que dans cette étude, les concentrations massiques des expositions étaient ajustées pour obtenir 150 fibres de plus de 20 µm/mL : amosite (17 mg/m³), E-Glass (51 mg/m³) et 475-Glass (51 mg/m³).

Un an après une instillation intratrachéale unique de 1 mg chez le rat [18], le pourcentage persistant dans les poumons de fibres > 20 µm était de 32 % pour les fibres 100/475, 96 % pour l'amosite et 0,5 % pour les MMVF10.

Un an après une exposition par inhalation chez le rat à des fibres E (1022 fibres OMS* /cm³ ; 7 heures/jour, 5 jours/semaine, 12 mois), Cullen et al [19] ont déterminé une demi-vie d'élimination de 7,1 mois. Citant des travaux précédents selon le même protocole, ces auteurs indiquaient que le séjour pulmonaire des fibres E et 475 chez le rat avait induit des changements dans la composition chimique des fibres 475 mais pas dans celle des fibres E ou de l'amosite. Ils ajoutaient aussi que la lixiviation sélective de composants à partir des fibres de 100/475 laisse un gel de silice relativement poreux qui aurait une résistance structurelle considérablement réduite par rapport au verre d'origine et augmenterait la probabilité que les fibres longues se désintègrent en fragments plus courts.

Dans l'ensemble, ces données indiquent que les microfibrilles testées sont relativement biopersistantes mais des différences apparaissent en fonction de leur composition chimique, du mode de fabrication, de la taille mais aussi suivant les études.

La plupart des études indiquent que les fibres longues persistent plus longtemps que les fibres courtes dans les poumons, certainement lié au fait que les macrophages alvéolaires sont incapables de les phagocyter.

* Note : Les fibres dites OMS ont une longueur supérieure à 5 µm, un diamètre inférieur à 3 µm et une longueur au moins 3 fois supérieure à leur diamètre.

Chez l'homme

Aucune donnée n'est disponible à la date de publication de la fiche toxicologique.

Toxicité expérimentale

Toxicité aiguë

Les fibres minérales artificielles (dont les microfibrilles de verre) sont généralement considérées comme irritantes pour la peau du fait de leur action mécanique.

Les fibres minérales artificielles dans leur ensemble (dont les microfibrilles de verre) sont généralement considérées comme irritantes pour la peau dans les tests de frottement du fait de leur action mécanique (pénétration cutanée de particules brisées par pression, friction ou abrasion). Chez l'animal, les tests conventionnels d'irritation cutanée sont négatifs [4].

Toxicité subchronique, chronique

Sur la base d'études sur animaux par inhalation et comparativement aux fibres 475, les fibres de verre E induisent une réaction plus marquée des macrophages, une fibrose alvéolaire et une hyperplasie qui peuvent faire suspecter une voie progressive de transformation néoplasique des cellules respiratoires.

Cullen et al [20] ont exposé des rats par inhalation à des fibres 475 ou d'amosite pendant 1 à 14 jours (7h/j) sur une période de 3 semaines à une concentration de 1000 fibres OMS/mL. L'analyse du liquide de lavage broncho-alvéolaire montrait des signes d'inflammation pulmonaire (augmentation du nombre de cellules, du pourcentage de granulocytes, de la quantité de protéines) mais sans relation avec la durée d'exposition. Cette exposition ne provoquait pas d'augmentation de la prolifération cellulaire dans les bronchioles terminales contrairement à l'amosite.

L'étude subchronique de Bellmann et al [21] consistait à exposer des rats par inhalation à des fibres de verre de type E pendant 3 mois (6h/j, 5j/s) à 2,4, 7,0 et 17,3 mg/m³ suivis d'une période de 14 semaines d'observation. Des effets croissants dépendant de la concentration ont été observés sur le poids des poumons, l'infiltration de polynucléaires neutrophiles dans le liquide de lavage broncho-alvéolaire (réponse inflammatoire) ; ces effets étaient réversibles au moins partiellement après 14 semaines sans exposition. La prolifération cellulaire de l'épithélium des bronchioles terminales et une fibrose interstitielle étaient aussi dose dépendant ; après 14 semaines sans exposition, la fibrose restait stable pour les concentrations de 2, 4 et 17,3 mg/m³ et augmentait pour la concentration intermédiaire.

Cullen et al [19] ont étudié le pouvoir fibrogène des fibres de verre E (code 104/E) et des microfibrilles (code 100/475), avec l'amiante comme référence. Des rats Wistar ont été exposés par inhalation 7 h par jour, cinq jours par semaine pendant un an, à du verre E (1022 fibres OMS /cm³, 72 fibres/cm³ de longueur > 20 µm), des microfibrilles 100/475 (1119 fibres/cm³, 38 fibres/cm³ > 20 µm) et de l'amosite (981 fibres OMS/cm³, 89 fibres/cm³ > 20 µm). Un an après la fin de l'exposition, le niveau moyen de fibrose a été déterminé (pourcentage en surface de la région pulmonaire atteinte). Les résultats, significatifs pour le verre E et pour l'amosite, étaient les suivants : contrôles (0,08 %), verre 104/E (8,0 %), microfibrilles 100/475 (0,2 %) et amosite (7,6 %). Les animaux exposés aux fibres 100/475 avaient un niveau de fibrose légèrement plus élevé que les animaux témoins non exposés, bien que ce ne soit pas statistiquement significatif. Les auteurs ont attribué leurs résultats au nombre plus élevé de fibres longues de verre E et à leur plus grande biopersistance par rapport à d'autres types de fibres. Au niveau des bronchioles terminales, l'exposition aux fibres E induit une réaction macrophagique et un épaississement des parois alvéolaires ; la comparaison avec des rats ayant survécu un an après l'exposition, montre une extension de la fibrose.

Sur la base d'études sur animaux par inhalation et comparativement aux fibres 475, les fibres de verre E induisent une réaction plus marquée des macrophages, une fibrose alvéolaire et une hyperplasie qui peuvent faire suspecter une voie progressive de transformation néoplasique des cellules respiratoires [1 ; 22].

Effets génotoxiques

Les fibres se déposent dans les poumons où elles sont phagocytées par les macrophages, complètement ou incomplètement, en fonction de la longueur de la fibre. La phagocytose incomplète est un puissant stimulus pro-inflammatoire pour la libération d'une cascade de médiateurs et d'espèces réactives de l'oxygène et de l'azote, conduisant à la génotoxicité et à la prolifération des cellules pulmonaires. In vitro, l'entrée directe de fibres dans les cellules, suivie ou associée à la division cellulaire, peut produire des anomalies chromosomiques et des modifications génétiques pouvant entraîner une transformation cellulaire et une prolifération dérégulée. Des études chez l'animal ont montré une gamme de sévérité d'inflammation et de fibrose qui a été associée à des fibres plus biopersistantes dans les poumons. Il existe une relation établie entre l'inflammation persistante, la fibrose et le développement de tumeurs dans les modèles animaux.

In vitro, des effets génotoxiques ont été démontrés sur plusieurs types de cellules en culture, y compris des cellules humaines exposées à des fibres de verre à usage spécial : cassures de l'ADN, aberrations chromosomiques, aneuploidie et transformation cellulaire. Les effets dépendaient globalement de la taille des fibres, les fibres longues étant plus actives que les fibres plus courtes. De nombreuses études se sont concentrées sur la production d'espèces réactives de l'oxygène (ERO) par les macrophages alvéolaires de rongeurs ou les leucocytes polymorphonucléaires humains traités avec des fibres de verre. Ces effets ne sont pas nécessairement associés à la génotoxicité ; cependant les ERO peuvent endommager l'ADN d'autres cellules cibles du poumon [24]. Toutes les études ont rapporté la production d'espèces réactives de l'oxygène après exposition à des fibres de verre dont les JM-100. Dans une étude plus récente, Padmore et al [25] ont exposé des macrophages alvéolaires immortalisés de souris à des fibres longues ou courtes de JM-100 ; la production intracellulaire d'espèces réactives de l'oxygène (ERO) en réponse aux fibres longues ou courtes est globalement faible ; une production accrue de ERO (non significative) a été notée après exposition aux fibres longues.

Les fibres JM-100 et JM-110 se sont révélées négatives dans le test de mutagenèse sur *Salmonella typhimurium* pour les souches TA1535 et TA1538 ou sur *Escherichia coli* B/r, WP2, WP2 uvrA et WP2 uvrA polA [26].

Plusieurs études ont été menées sur différents types de fibres de verre (dont la longueur et le diamètre variaient), afin d'évaluer si les fibres de verre pouvaient endommager l'ADN. La plupart de ces études ont montré des dommages à l'ADN par le test des comètes. Le lien entre la formation de micronoyaux, les dommages chromosomiques et la taille des fibres a été soulignée par de nombreuses études indépendantes et sur différents types cellulaires (V79, cellules épithéliales humaines, macrophages alvéolaires de rat...). Plusieurs études ont montré que les fibres JM-475 et des fibres AAA induisaient la formation de micronoyaux ; la présence de kinétochores indiquait un mécanisme aneuploïde par perturbation du fuseau cellulaire mais pas de cassures chromosomiques. La formation de micronoyaux a été observée dans des cellules d'embryon de hamster syrien exposées à 1 µg/cm² de fibres de code 100. Le traitement de fibroblastes pulmonaires de hamster V79 avec des fibres de AAA-10* (longueur 2 µm ; diamètre médian 0,18 µm) et JM-100 (longueur 3,5 µm ; diamètre médian 0,2 µm) ont induit une aneuploidie significativement liée à la dose d'exposition [27].

Plusieurs études *in vitro* ont montré que les JM-100 altéraient la ségrégation chromosomique en bloquant la cytokinèse conduisant à des cellules bi- ou polynuclées dans les modèles de cellules d'embryon de hamster syrien, de cellules mésothéliales humaines, de cellules épithéliales de singe, de cellules ovariennes de hamster chinois et de fibroblastes pulmonaires V79 de hamster chinois.

Un des mécanismes probables de la cancérogenèse induite par les fibres - dont l'amiante - comprend la mutation et/ou l'activation de proto-oncogènes, l'inhibition des gènes suppresseurs de tumeurs et l'activation de facteurs de transcription contrôlant la production de cytokines, la transformation cellulaire et la croissance cellulaire. Un certain nombre d'études se sont révélées positives pour ces paramètres avec les fibres AAA-10 et JM-100 [28]. Johnson et al [29] ont traité pendant 20h des cellules A549 (lignée cellulaire épithéliale alvéolaire de type II, tumorale) avec des fibres JM-100 qui n'ont pas induit, contrairement à la crocidolite, l'expression de gènes induits (dont le p53) en cas de dommage à l'ADN.

In vivo, Donaldson et al [30] ont exposé des rats par inhalation de fibres de verre à usage spécial JM-104/475 (912 f/mL pendant 7h) suivie d'une injection de BrdU 16 h après l'inhalation et 2h avant sacrifice. Les auteurs ont conclu que ces fibres induisaient une réponse de prolifération cellulaire mais moins puissante que l'amosite. Enfin, la transformation cellulaire (test de cancérogénicité potentielle *in vitro* ; changement prénéoplastique précoce) a également été observée sur cultures *in vitro* de cellules SHE [31] :

- les fibres fines de code 100 (diamètre moyen 0,13 µm) induisaient 20 fois plus de transformation cellulaire que les fibres plus épaisses de code 110 (diamètre moyen 0,8 µm) ;
- les fibres courtes obtenues par broyage (longueur moyenne 1,7 µm) induisaient 10 fois moins de transformation cellulaire que les fibres de l'échantillon initial (longueur moyenne 9,5 µm). Les fibres broyées à une longueur moyenne de 0,95 µm n'induisaient pas de transformation cellulaire. La réduction de la longueur de la fibre JM-100 par broyage, sans affecter le diamètre de la fibre, a aussi diminué le pouvoir de transformation cellulaire des fibres sur cellules BALBc-3T3.

En résumé, les effets génotoxiques identifiés (induction de micronoyaux, cassures de l'ADN, transformation cellulaire) sont en partie dus au paramètre dimensionnel des fibres et à leur capacité à perturber la division cellulaire. Une atteinte directe de l'ADN imputable aux propriétés chimiques des fibres est également suspectée par l'intermédiaire de la formation d'espèces réactives de l'oxygène.

*Note : Les fibres AAA-10 correspondent à une dénomination du Naval Research Laboratory (NRL) pour les microfibrilles de verre [4].

Effets cancérogènes

[24, 26]

Les mécanismes de la cancérogénicité induite par les fibres ne sont pas complètement compris, mais plusieurs hypothèses ont été proposées notamment sur la taille des fibres, leur capacité à induire un stress oxydant, la localisation du dépôt des fibres dans l'arbre trachéo-bronchique, leur biopersistance, la capacité de phagocytose par les macrophages ou d'autres cellules cibles, la migration dans l'interstitium et la plèvre pulmonaire et l'induction d'une inflammation persistante susceptible de conduire à une génotoxicité et une prolifération cellulaire. En considérant l'ensemble des données disponibles, certaines microfibrilles de verre sont des fibres biopersistantes qui ont un potentiel génotoxique et cancérogène.

Dans son évaluation, l'IARC [1] concluant qu'il existait des preuves suffisantes de cancérogénicité chez l'animal pour les fibres de verre à usage spécial dont le verre E et les fibres 475, les a classées comme potentiellement cancérogènes pour l'homme (groupe 2B). Des différences de cancérogénicité ont été observées entre les fibres de verre 475 et de verre E : dans sa revue de la littérature, Bernstein [32] estimait que les fibres 475 ne présentaient pas d'indications claires de cancérogénicité chez le rat exposé par inhalation contrairement aux fibres E. La fibrose induite par les fibres de verre E (code 104/E) comparée aux microfibrilles (code 100/475) de Cullen et al. [19] étaient vraisemblablement due au nombre plus élevé de fibres longues de verre E et à leur plus grande biopersistance par rapport aux autres types de fibres. Les fibres de verre E montrent un potentiel cancérogène par inhalation, induisent une réaction marquée des macrophages, une fibrose alvéolaire et une hyperplasie qui peuvent faire suspecter une voie progressive de transformation néoplasique des cellules respiratoires.

Les informations clés utilisées dans le dossier d'enregistrement REACH [22] concernant la classification Carc. 1B (H350 inhalation) sont basées sur les études de Searl et al. ([18] ; biopersistance fibre 100/475) et de Cullen et al. ([19] ; fibre 104E et JM-100/475). Cullen et al [19] montrent que les microfibrilles de verre de type E induisent au niveau pulmonaire : une fibrose, des carcinomes, des adénomes et des mésothéliomes (à des niveaux comparables à ceux de l'amosite et malgré une biopersistance plus faible). Globalement, il est conclu que les fibres de verre E sont présumées cancérogènes pour l'homme et doivent être classées dans la catégorie Carc. 1B (H350 inhalation) en vertu du règlement CLP.

Dans l'étude d'inhalation chronique de Cullen et al [19], des rats Wistar mâles ont été exposés à une microfibre de verre 104/E, 100/475 ou à l'amosite à la concentration d'environ 1000 fibres/mL de longueur > 5 µm pendant 7 h par jour, cinq jours par semaine et 12 mois. Après une période de récupération post-traitement de 12 mois, la charge pulmonaire retenue (en fibres de toutes longueurs) était d'environ 30 % par rapport à celle immédiatement après traitement. L'amosite et les microfibrilles 100/475 étaient respectivement retenues à 44 % et 28 %. La composition chimique des fibres 104/E n'a pas été altérée pendant leurs 24 mois de séjour dans les poumons, contrairement à celle des microfibrilles 100/475. L'exposition de rats aux microfibrilles 104/E ou à l'amosite par inhalation a nettement accru l'incidence des tumeurs pulmonaires (carcinomes et adénomes), induisant des mésothéliomes pleuraux et provoquant une fibrose pulmonaire. En revanche, chez les animaux traités avec les fibres de type 100/475, une faible fibrose, quelques adénomes pulmonaires, aucun carcinome et aucun mésothéliome n'ont été observés ; à noter qu'il y avait environ deux fois moins de fibres longues > 20µm dans cet aérosol.

Des microfibrilles de verre ont été testées par instillation intratrachéale dans deux expériences chez le rat (fibres 475) et deux chez le hamster (JM/104) avec des résultats contrastés [1]. Chez le rat, une augmentation significative des tumeurs du poumon a été observée dans une des 2 études mais avec peu d'animaux par groupe et était négative pour l'autre. Chez le hamster, a été observée une augmentation des tumeurs pulmonaires et des mésothéliomes dans une seule des 2 études.

Effets sur la reproduction

Il n'existe pas de données sur la toxicité pour la reproduction.

Aucune étude n'a exploré le potentiel toxique pour la reproduction de ces fibres. Seule une faible partie des fibres inhalées est solubilisée en sels (borates par exemple) qui peuvent circuler vers d'autres organes à distance. Néanmoins, la capacité de ces fibres à migrer sous leur forme d'origine ou sous forme résiduelle dans les tissus à distance du site de contact n'est pas connue.

Toxicité sur l'Homme

Chez l'homme, les données sont très limitées et n'apportent pas d'informations suffisantes pour conclure, notamment sur de possibles effets cancérogènes.

[1-3]

Toxicité aiguë

Les fibres de verre sont connues pour être irritantes pour la peau et les muqueuses (oculaires et respiratoires) par action mécanique (pénétration cutanée de particules brisées par pression, friction ou abrasion). Ce type de réaction est généralement rapportée pour les fibres dont le diamètre est supérieur ou égal à 4 µm environ [Inserm 1999].

Toxicité chronique

Une dyspnée et des symptômes cutanés (sans précision) ont été rapportés de façon plus fréquente chez les travailleurs d'une usine de production de microfibrilles de verre en comparaison à d'autres travailleurs de cette usine ne travaillant pas dans les zones de production (après ajustement, OR de 4,46 IC 95 % [1,68-11,86] pour la dyspnée et de 3,89 IC 95 % [1,70-8,90] pour les symptômes cutanés). Une augmentation significative de ces symptômes était observée entre les groupes faiblement exposés et fortement exposés (pour la dyspnée, OR ajusté de 3,94 IC 95 % [1,33-11,71] et 5,08 IC 95 % [1,69-15,23], respectivement ; pour les symptômes cutanés, OR ajusté de 2,99, [1,13-7,91] et 4,82, [1,89-12,33]), suggérant une relation dose-réponse. Les concentrations atmosphériques en microfibrilles étaient comprises entre 0,07 et 1,70 mg/m³ [33].

Des réactions allergiques ont été observées chez l'homme avec des fibres de verre classiques mais sont attribuées aux additifs (résines) [4].

Effets génotoxiques

Il n'a pas été retrouvé de données à la date de publication de la fiche toxicologique.

Effets cancérogènes

Dans son évaluation, l'IARC concluant qu'il existait des preuves suffisantes de cancérogénicité chez l'animal pour les fibres de verre à usage spécial, les a classées comme potentiellement cancérogènes pour l'homme (groupe 2B) [1].

Seules deux études épidémiologiques s'intéressant de façon spécifique à la cancérogénicité des fibres de verre à usage spécial ont été retrouvées.

Les travailleurs de deux usines produisant des fibres de verre à usage spécial ont été inclus dans une large étude de cohorte historique américaine sur les fibres de verre. Dans la cohorte totale, un excès de mortalité par cancers respiratoires a été observé (874 cas) : SMR=1,06 IC 95 % [1,00-1,14] en comparaison au taux local, SMR=1,16 IC 95 % [1,08-1,24] p<0,01 en comparaison au taux national. Il n'a pas été observé d'excès significatif de mortalité par cancers respiratoires pour les travailleurs des deux usines produisant des fibres de verre à usage spécial (SMR=1,09 IC 95 % [0,87-1,36] en comparaison au taux local), mais le nombre de cas était limité (n=81) [34 ; 1 ; 22].

Une étude cas-témoin portant sur les cas de cancer du larynx et de l'hypopharynx provenant de 15 hôpitaux français n'a pas révélé d'association entre ce type de cancer et l'exposition à des microfibrilles (pour le cancer du larynx : OR=1,28 IC 95 % [0,51-3,22] pour 16 cas comparés à 9 témoins non exposés ; pour le cancer de l'hypopharynx : OR=0,78 IC 95 % [0,26-2,38] pour 7 cas comparés à 9 témoins non exposés), mais cette exposition ne concernait qu'un nombre limité de sujets [35 ; 1 ; 22].

Dans l'ensemble, ces deux études sont insuffisantes pour conclure sur de possibles effets cancérogènes des fibres de verre à usage spécial chez l'homme [22].

Effets sur la reproduction

Il n'a pas été retrouvé de données à la date de publication de la fiche toxicologique.

Exposition professionnelle

Comme indiqué précédemment, la valeur limite française d'exposition professionnelle indicative sur 8 heures fixée pour les fibres de verre est de 1 fibre/cm³.

Niveaux d'exposition en situation de travail :

Une étude américaine publiée en 1975 [36] a relevé dans 6 usines productrices ou utilisatrices de fibres de verre de diamètre inférieur à 1 µm des concentrations moyennes de fibres de verre dans l'air de 1 à 22 fibres/cm³. Des mesures effectuées entre 1980 et 1983 dans des entreprises anglaises de fabrication de medias à base de fibres de verre à usage spécial ont montré des niveaux d'exposition de 2,9 à 13 fibres/cm³ et dans les entreprises transformant ces medias des niveaux de 0,53 à 15,1 fibres/cm³ [37].

Dans une étude suédoise de 1988 [38], les opérateurs de production de fibres de verre à usage spécial étaient exposés à une concentration moyenne de 0,62 fibre/cm³, les expositions variant de 0,08 à 2,4 fibres/cm³ pour l'ensemble des postes.

Un recueil américain, publié en 2002 [39] comportant des mesures réalisées entre 1984 et 2000 a montré que dans le secteur de fabrication de médias filtrants et de séparateurs utilisant des fibres de verre de diamètre inférieur à 1 µm, l'exposition professionnelle variait de 0,01 à 4,63 fibres/cm³ avec une moyenne à 0,80 fibre/cm³. Dans l'isolation aéronautique utilisant également des fibres de verre de diamètre inférieur à 1 µm, les niveaux d'exposition variaient de 0,01 à 2,29 fibres/cm³ avec une moyenne à 0,19 fibre/cm³.

Une exploitation de la base de données COLCHIC de l'INRS entre 2001 et 2006 avait relevé dans 3 établissements utilisateurs de fibres de verre à usage spécial, des expositions pouvant atteindre plusieurs dizaines de fibres/cm³. Après mise en place de dispositifs de captage, l'exposition se situait en moyenne entre 0,1 et 0,2 fibres/cm³ [2].

D'après une étude de 1982, plus le diamètre des fibres produites est faible et plus la concentration en fibres dans l'air est élevée [40].

Dans le cadre d'une étude de 2006 [33] consistant à évaluer la relation entre l'exposition professionnelle aux microfibrilles de verre et plusieurs symptômes dans une usine de production de ces fibres, des concentrations en poussières alvéolaires dans l'air (« respirable dusts ») (dont la principale composante était les microfibrilles de verre) ont été mesurées dans l'usine en 2004 et 2005. Les concentrations étaient comprises entre 0,07 et 1,70 mg/m³. Ce sont les zones de fibrage et du four de chauffe (au moment du fibrage) qui ont révélé la concentration moyenne la plus élevée (1,70 mg/m³ en 2005), tandis que les concentrations moyennes les plus faibles ont été mesurées dans les couloirs (0,07 mg/m³) et l'entrepôt (0,31 mg/m³).

Réglementation

Rappel : La réglementation citée est celle en vigueur à la date d'édition de cette fiche : Décembre 2021

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).

Mesures de prévention des risques chimiques (agents cancérigènes, mutagènes, toxiques pour la reproduction dits CMR, de catégorie 1A ou 1B)

- Articles R. 4412-59 à R. 4412-93 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.

Valeurs limites d'exposition professionnelle (Françaises)

- Circulaire du 12 janvier 1995 modifiant la circulaire du ministère du Travail du 19 juillet 1982 (non parues au JO).

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.

Suivi Individuel Renforcé (SIR)

- Article R. 4624-23 du Code du travail.

Visite médicale des travailleurs avant leur départ en retraite

- Article L. 4624-2-1 du Code du travail.

Travaux interdits

- Jeunes travailleurs de moins de 18 ans : article D. 4153-17 du Code du travail. Des dérogations sont possibles sous conditions : articles R. 4153-38 à R. 4153-49 du Code du travail.

Entreprises extérieures

- Article R. 4512-7 du Code du travail et arrêté du 19 mars 1993 (JO du 27 mars 1993) fixant la liste des travaux dangereux pour lesquels il est établi par écrit un plan de prévention.

Classification et étiquetage

a) des **microfibres de verre**

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 système général harmonisé de classification et d'étiquetage ou SGH. La classification et l'étiquetage des microfibres de verre figurent dans l'annexe VI du règlement CLP. Les classifications sont :

- **Microfibres de verre de composition représentative (numéro index 014-047-00-X)**
 - Cancérogénicité, catégorie 2 ; H351 (inhalation)
- **Microfibres de verre E de composition représentative (numéro index 014-046-00-4)**
 - Cancérogénicité, catégorie 1B ; H350 (inhalation)
- **Laines minérales à l'exception de celles spécifiées ailleurs dans l'annexe VI du CLP (numéro index 650-016-00-2)**
 - Cancérogénicité, catégorie 2 ; H351
 - Ou Non classé si au moins l'un des critères de non biopersistance ou de toxicité définis dans la **note Q** de l'annexe VI du CLP est satisfait ou si les critères de taille définis dans la **note R** s'appliquent.

Note A - Concerne les 3 dénominations précédentes. Sans préjudice de l'article 17, paragraphe 2, le nom de la substance doit apparaître sur l'étiquette sous l'une des dénominations qui figurent dans la troisième partie. Dans la troisième partie, il est parfois fait usage d'une dénomination générale du type « composés de ... » ou « sels de ... ». Dans ces cas-là, le fournisseur est tenu de préciser sur l'étiquette le nom exact, en tenant dûment compte des dispositions du point 1.1.1.4 du règlement CLP.

Note Q - La classification comme cancérogène peut ne pas s'appliquer s'il peut être établi que la substance remplit l'une des conditions suivantes :

- un essai de biopersistance à court terme par inhalation a montré que les fibres d'une longueur supérieure à 20 µm ont une demi-vie pondérée inférieure à dix jours ; ou
- un essai de biopersistance à court terme par instillation intratrachéale a montré que les fibres d'une longueur supérieure à 20 µm ont une demi-vie pondérée inférieure à quarante jours ; ou
- un essai intrapéritonéal approprié n'a révélé aucun signe d'un excès de cancérogénicité ; ou
- un essai approprié à long terme par inhalation a révélé à une absence d'effets pathogènes significatifs ou de modifications néoplasiques.

Note R - La classification comme cancérogène peut ne pas s'appliquer aux fibres dont le diamètre moyen géométrique pondéré par la longueur, moins deux erreurs géométriques types, est supérieur à 6 µm.

Les microfibres de verre ne sont pas concernées par la note R.

b) des **mélanges** (préparations) contenant des microfibres de verre :

- Règlement (CE) n° 1272/2008 modifié.

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

Il convient de procéder à une évaluation des risques, portant notamment sur la nature des fibres présentes, le procédé mis en œuvre, les niveaux d'exposition attendus et les méthodes envisagées pour les réduire.

La mesure prioritaire de prévention est le remplacement des microfibres de verre par des matériaux moins dangereux.

La prévention collective doit toujours primer sur les mesures de protection individuelle et de manière générale, il est recommandé de rechercher le niveau d'exposition le plus bas possible.

Les salariés doivent être informés et formés sur les dangers pour la santé des produits, sur les modalités de travail recommandées et sur l'utilisation des équipements de protection individuelle.

Au point de vue technique

Protection collective

- Avoir recours à des systèmes clos (enceintes, mélangeurs...) en utilisant des techniques automatisées.

- Capturer les poussières à la source en mettant en place une ventilation locale chaque fois que cela est réalisable. La ventilation générale ne peut être envisagée que si le recours à une ventilation locale est techniquement impossible.
- Travailler à l'humide, si le contexte le permet et en prenant garde au risque électrique.
- Éviter les découpes en utilisant par exemple des éléments prêts à poser ou prédécoupés. Si les découpes sont nécessaires, il est conseillé de les effectuer sur une table aspirante.
- Délimiter, signaler et restreindre l'accès de la zone de découpe.
- Déballer les fibres de verre au dernier moment et au plus près de leur lieu d'utilisation.
- Utiliser des outils manuels (couteaux, cutters, massicots) ou à vitesse lente qui produisent moins de poussières. Si des outils électriques sont néanmoins utilisés, ils doivent être munis de systèmes intégrés de captage de poussières équipés de filtres à très haute efficacité dits « absolus ».
- Maintenir en bon état de propreté la zone de travail avec un aspirateur équipé de filtre à 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'utilisation de la soufflette à air comprimé.
- Respecter une hygiène stricte : ranger et laver les vêtements de travail séparément des autres vêtements ; se doucher et se savonner en fin de poste pour limiter l'incrustation des fibres dans la peau.
- Vérifier périodiquement les installations et appareils de protection collective et les maintenir en parfait état de fonctionnement.
- Procéder à des contrôles réguliers de la concentration en fibres au poste de travail.

Protection individuelle : Utiliser des équipements de protection individuelle : combinaison jetable à capuche de type 5 ajustée au cou, aux poignets et aux chevilles, casquette et lunettes équipées de protections latérales, gants et appareil de protection respiratoire équipé de filtre de type P3.

Stockage : Pour éviter la dispersion de fibres, les microfibrilles de verre doivent être conditionnées de manière étanche, par exemple dans un double emballage de matière plastique protégé de toute possibilité d'endommagement.

Au point de vue médical

Il est indispensable de rechercher les éventuelles co-expositions actuelles ou passées susceptibles de générer des pathologies respiratoires (amiante et fibres céramiques réfractaires notamment). Le suivi médical sera alors adapté en fonction de l'existence ou non de ces co-expositions.

- Lors des visites initiales et périodiques :
 - **Lors de la visite initiale**, rechercher des affections potentiellement dangereuses pour le salarié ou son environnement de travail, susceptibles de s'aggraver au poste, ou encore qui rendraient difficile sinon impossible le maintien au poste avec les contraintes qu'il implique (port des équipements de protection individuelle, port de charges,...) ; seront particulièrement recherchés des antécédents respiratoires (asthme, broncho-pneumopathie chronique obstructive...) ou cancéreux, des antécédents cardio-vasculaires (insuffisance cardiaque, hypertension artérielle, angor...), ainsi qu'un tabagisme (le cas échéant, inciter au sevrage).
 - **Examen clinique :** lors des visites périodiques, outre les éléments sus-cités, rechercher des symptômes témoins de pathologies respiratoires ou cancéreuses : toux, dyspnée, expectoration, douleur thoracique, hémoptysie...
 - **Examens complémentaires :** 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 des données de l'examen clinique et de l'appréciation de l'importance de l'exposition. A l'embauche, la réalisation d'une radiographie thoracique standard et d'explorations fonctionnelles respiratoires (EFR) peut être discutée comme examen de référence.
 - **Tracer le suivi et les expositions :** recueillir les informations sur les expositions antérieures (notamment amiante et fibres céramiques réfractaires) et actuelles et les consigner dans le dossier médical.
 - **Informez le salarié** sur les risques auxquels il est exposé, les mesures de prévention à prendre (EPI, procédures de décontamination, respect des règles d'hygiène, etc.)

Conduites à tenir en cas d'urgence :

- Transporter la victime en dehors de la zone polluée en prenant toutes les précautions nécessaires pour les sauveteurs. Si la victime est inconsciente, la placer en position latérale de sécurité et mettre en œuvre, s'il y a lieu, des manœuvres de réanimation. Si la victime est consciente, la maintenir au maximum au repos. En cas de gêne respiratoire, faire transférer en milieu hospitalier pour bilan des lésions, surveillance et traitement symptomatique si nécessaire.

Bibliographie

- 1 | IARC. Man-made vitreous fibres. IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risks to humans. Vol 81, 2002. IARC, Lyon, France
- 2 | AFSSET. Les fibres minérales artificielles siliceuses – fibres céramiques réfractaires, fibres de verre à usage spécial, évaluation de l'exposition de la population générale et des travailleurs, avril 2007, 288 p.
- 3 | Charte fibres de verre à usage spécial, 2006
- 4 | INSERM. Effets sur la santé des fibres de substitution à l'amiante. Expertise collective INSERM, Paris, 1999
- 5 | Protherm AG. Fibre de verre résistante jusqu'à 500°C.
- 6 | Richard J. Lewis Sr. Hawley's condensed chemical dictionary. Fourteenth edition. New York, 2001 : 535.
- 7 | Bingham E., Cohrssen B., Powell C.H. Patty's toxicology. Fifth edition. 2001, John Wiley and Sons, Inc, volume 1 : 575-582.
- 8 | Comptage des fibres. Méthode M-309. In : MétroPol. INRS, 2016 (<https://www.inrs.fr/publications/bdd/metropol.html>).
- 9 | Qualité de l'air — Air des lieux de travail — Prélèvement sur filtre à membrane pour la détermination de la concentration en nombre de fibres par les techniques de microscopie : MOCP, MEBA et META — Comptage par MOCP. Norme NF X43-269. AFNOR ; décembre 2017.
- 10 | Asbestos and other fibers by PCM 7400. Method 7400. In NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), Fifth Edition. NMAM, April 2019 (www.cdc.gov/niosh/nmam).

- 11 | OMS. Détermination de la concentration des fibres en suspension dans l'air. Méthode recommandée : la microscopie optique en contraste de phase (comptage sur membrane filtrante). Genève : Organisation mondiale de la Santé ; 1998.
- 12 | Air Ambiant - Détermination de la concentration en nombre des particules inorganiques fibreuses. Méthode par microscopie électronique à balayage. Norme ISO 14966. AFNOR ; décembre 2019.
- 13 | Nielsen GD, Koponen IK. Insulation fiber deposition in the airways of men and rats. A review of experimental and computational studies. *Regul Toxicol Pharmacol*. 2018 Apr ;94:252-270. doi : 10.1016/j.yrtph.2018.01.021. Epub 2018 Feb 11.
- 14 | Griffis LC et al. – Deposition of crococolite asbestos and glass microfibers inhaled by Beagle dog. *Am Ind Assoc J*. 1983 ; 44 (3) : 216-222.
- 15 | Hesterberg TW, Anderson R, Bernstein DM, Bunn WB, Chase GA, Jankousky AL, Marsh GM, McClellan RO. Product stewardship and science : safe manufacture and use of fiber glass. *Regul Toxicol Pharmacol*. 2012, 62(2) :257-77.
- 16 | Zeidler-Erdely PC, Calhoun WJ, Ameredes BT, Clark MP, Deye GJ, Baron P, Jones W, Blake T, Castranova V. In vitro cytotoxicity of Manville Code 100 glass fibers : effect of fiber length on human alveolar macrophages. *Part Fibre Toxicol*. 2006, 28 ;3 :5.
- 17 | Hesterberg TW, Chase G, Axten C, Miller WC, Musselman RP, Kamstrup O, Hadley J, Morscheidt C, Bernstein DM, Thevenaz P. Biopersistence of synthetic vitreous fibers and amosite asbestos in the rat lung following inhalation. *Toxicol Appl Pharmacol*. 1998, 151(2) : 262-275.
- 18 | Searl A et al. – Biopersistence and durability of nine mineral fibre types in rat lungs over 12 months. *Ann Occup Hyg*. 1999 ; 43 (3) : 143-53.
- 19 | Cullen RT et al. – Pathogenicity of a special-purpose glass microfiber (E glass) relative to another glass microfiber and amosite asbestos. *Inhal Toxicol*. 2000 ; 12 (10) : 959-77.
- 20 | Cullen RT, Miller BG, Davis JM, Brown DM, Donaldson K. Short-term inhalation and in vitro tests as predictors of fiber pathogenicity. *Environ Health Perspect* 1997, 105 (suppl 5) : 1235-1240.
- 21 | Bellmann B, Muhle H, Creutzenberg O, Ernst H, Müller M, Bernstein DM, Riego Sintes JM. Calibration study on subchronic inhalation toxicity of man-made vitreous fibers in rats. *Inhal Toxicol*. 2003, 15(12) :1147-1177.
- 22 | ECHA RAC (Committee for Risk Assessment) Annex 1 : Background document to the Opinion proposing harmonised classification and labelling at Community level of E-glass microfibres of representative composition. CLH-O-000001412-86-34/F, adopted 04 December 2014, 46 pp. <https://echa.europa.eu/registry-of-clh-intentions-until-outcome/-/dislist/details/0b0236e180678d0a>
- 23 | Jaurand MC – Mechanisms of fiber-induced genotoxicity. *Environ Health Perspect*. 1997 ; 105 (suppl 5) : 1073-84.
- 24 | Wang Q et al. – Biological effects of man-made mineral fibers (II) – Their genetic damages examined by in vitro assay. *Indus Health*. 1999 ; 37 : 342-347.
- 25 | Padmore T, Stark C, Turkevich LA, Champion JA. Quantitative analysis of the role of fiber length on phagocytosis and inflammatory response by alveolar macrophages. *Biochim Biophys Acta*. 2017 ; 1861(2) : 58–67.
- 26 | NTP Report on carcinogens : background document for Glass Wool Fibers. U.S. Department of Health and Human Services, september 2009, 308pp.
- 27 | Ong T et al. – Induction of micronucleated and multinucleated cells by man-made fibers in vitro in mammalian cells. *J Toxicol Environ Health*. 1997 Mar ; 50 (4) : 409-14.
- 28 | Gao HG et al. – Morphological transformation induced by glass fibers in BALB-c-3T3 cells. *Teratog Carcinog Mutagen*. 1995 ; 15 (2) : 63-71.
- 29 | Johnson NF, Jaramillo RJ. p53, Cip1, and Gadd153 expression following treatment of A549 cells with natural and man-made vitreous fibers. *Environ Health Perspect*. 1997 ;105 Suppl 5 :1143-1145.
- 30 | Donaldson K, Brown DM, Miller BG, Brody AR. Bromo-deoxyuridine (BrdU) uptake in the lungs of rats inhaling amosite asbestos or vitreous fibres at equal airborne fibre concentrations. *Exp. Toxicol. Pathol*. 1995, 47, 207–211.
- 31 | Hesterberg TW, Barrett JC. Dependence of asbestos- and mineral dust-induced transformation of mammalian cells in culture on fiber dimension. *Cancer Res*. 1984, 44 : 2170–2180.
- 32 | Bernstein DM. Special-purpose fiber type 475 - Toxicological assessment. *Inhalation Toxicology* 2007, 19:149–159.
- 33 | Sripaiboonkij P, Sripaiboonkij N, Phanprasisit W, Jaakkola MS - Respiratory and skin health among glass microfiber production workers : a cross-sectional study. *Environ Health*. 2009 ;8 :36.
- 34 | Marchand JL, Luce D, Leclerc A, Goldberg P, Orłowski E, Bugel I, Brugère J - Laryngeal and hypopharyngeal cancer and occupational exposure to asbestos and man-made vitreous fibers : results of a case-control study. *Am J Ind Med*. 2000 ;37(6) :581-9.
- 35 | Marsh GM, Youk AO, Stone RA, Buchanich JM, Gula MJ, Smith TJ, Quinn MM - Historical cohort study of US man-made vitreous fiber production workers : I. 1992 fiberglass cohort follow-up : initial findings. *J Occup Environ Med*. 2001 ;43(9) :741-56.
- 36 | Dement J. M. Environmental aspects of fibrous glass production and utilization. *Environ. Res.*, 1975,9, 295-312. United Kingdom Factories Inspectorate. Survey of Superfine Man-Made Mineral Fibre
- 37 | Exposure in the UK, London, Health and Safety Executive Advisory Committee on Toxic Substances, Occupational Medicine and Hygiene Laboratories, 1987.
- 38 | Krantz S. Exposure to Man-Made Mineral fibers at ten production plants in Sweden. *Scand. J. Work Environ. Health*, 1988, 14 (suppl. 1), 49-51
- 39 | Marchant G.E. et coll. A synthetic vitreous fibre (SVF) occupational exposure database : implementing the SVF health and safety partnership program. *Appl. Occup. Environ. Hyg.*, 2002, 17, 276-285.
- 40 | Esmen N.A. et coll. Exposure of employees to man-made vitreous fibers : installation of insulation materials. *Environ. Res.*, 1982, 28, 386-398.

Historique des révisions

1 ^è édition	2007
2 ^è édition (mise à jour complète)	Décembre 2021