

Santé travail

Éléments techniques sur l'exposition professionnelle aux fibres minérales artificielles

Matrices emplois-expositions aux fibres
minérales artificielles :

- laines minérales
- fibres céramiques réfractaires

Sommaire

Liste des abréviations	2
1. Définitions	3
1.1 Définitions courantes	3
1.2 Définitions réglementaires	5
1.3 Compositions chimiques et caractéristiques	5
2. Production	7
2.1 Production des laines minérales	7
2.2 Production des fibres céramiques réfractaires	7
2.3 Production des fibres minérales artificielles : les principales professions concernées	8
3. Utilisations des fibres minérales artificielles ; secteurs et professions concernés	9
3.1 Utilisations des laines minérales, secteurs et professions exposés	9
3.2 Utilisations des fibres céramiques réfractaires, secteurs et professions exposés	10
4. Effets sur la santé et réglementation	11
4.1 Effets sur la santé	11
4.2 Réglementation	11
5. Matrice emplois-expositions aux laines minérales	12
5.1 Définition des nuisances évaluées	12
5.2 Réalisation pratique de la matrice	12
5.3 Périodes d'exposition retenues	12
5.4 Indices d'évaluation de l'exposition	12
5.5 Nomenclatures utilisées	14
5.6 Particularités de la matrice	14
6. Matrice emplois-expositions aux fibres céramiques réfractaires	15
6.1 Définition des nuisances évaluées	15
6.2 Réalisation pratique de la matrice	15
6.3 Périodes d'exposition retenues	15
6.4 Indices d'évaluation de l'exposition	16
6.5 Nomenclatures utilisées	17
6.6 Particularités de la matrice	17
Références bibliographiques	18

Éléments techniques sur l'exposition professionnelle aux fibres minérales artificielles

Matrices emplois-expositions aux fibres
minérales artificielles :

- laines minérales
- fibres céramiques réfractaires

Document rédigé par Stéphane Ducamp^{a,b}, Joëlle Févotte^{c,d} et le groupe de travail Matgéné^c.

a/Institut de veille sanitaire (InVS), Département santé travail, Équipe associée en santé travail (Essat), 94415 Saint-Maurice, France ;

b/Université Bordeaux, Institut de santé publique, d'épidémiologie et de développement (Isped), Centre Inserm U897 – Épidémiologie-Biostatistique, Équipe associée en santé travail (Essat), 33076 Bordeaux, France ;

c/Institut de veille sanitaire (InVS), Département santé travail, 94415 Saint-Maurice, France.

Équipe Matgéné (ordre alphabétique) : B. Dananché, L. Delabre, S. Ducamp, J. Févotte, L. Garras, M. Houot, D. Luce, C. Pilorget ;

d/Université Lyon 1, Université Lyon, Unité mixte de recherche épidémiologique et de surveillance en transport (Umrestte), travail et environnement, 69622 Lyon, France.

Ce guide a pour but de présenter les matrices emplois-expositions aux fibres de laines minérales et aux fibres céramiques réfractaires développées par le DST-InVS et l'Essat, et de donner des éléments techniques sur l'exposition professionnelle à ces nuisances en France de 1945 à 2007.

Ces matrices, accompagnées chacune d'un document synthétique de présentation, sont consultables sur le site Internet de l'InVS dans deux versions de nomenclatures (CITP 1968 [1] x NAF 2000 [2] et PCS 1994 [3] x NAF 2000).

Elles sont aussi consultables, tout comme la matrice emplois-expositions aux fibres d'amiante, par interrogation en ligne à ligne sur le site Ev@lutil (<http://etudes.isped.u-bordeaux2.fr/evalutil003> ou <http://www.invs.sante.fr> - dossier thématique Matgéné - rubrique Liens).

Liste des abréviations

ACGIH : American Conference of Governmental Industrial Hygienists
Afsset : Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail
Anses : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
CAS : Chemical Abstract Service
Circ : Centre international de recherche sur le cancer
CITP : Classification internationale type des professions
DST : Département santé travail
ECFIA : European Ceramic Fibres Industry Association
Essat : Equipe associée en santé travail
Euceb : European Certification Board for Mineral Wool
FCR : Fibre céramique réfractaire
Filmm : (Syndicats des) Fabricants d'isolants en laines minérales manufacturées
FMA : Fibre minérale artificielle
Inserm : Institut national de la santé et de la recherche médicale
InVS : Institut de veille sanitaire
Isped : Institut de santé publique, d'épidémiologie et de développement
LM : Laine minérale
Meta : Microscopie électronique à transmission analytique
MMVF : Man Made Vitreous Fiber
MOCP : Microscopie optique à contraste de phase
NAF : Nomenclature d'activités française
NF : Normalisation française
NIOSH : National Institute for Occupational Safety and Health
OMS : Organisation mondiale de la santé
PCS : Nomenclature des professions et catégories socioprofessionnelles
UE : Union européenne
VLE : Valeur limite d'exposition
VME : Valeur limite moyenne d'exposition
WHO : World Health Organization

1. Définitions

1.1 DEFINITIONS COURANTES

1.1.1 Fibres

Les fibres sont définies comme des particules ayant un rapport longueur/diamètre supérieur ou égal à 3 et des côtés approximativement parallèles.

On distingue les fibres dites "respirables", de diamètre inférieur à 3,5 µm [4], des fibres dites "non respirables" de diamètre supérieur à 3,5 µm. Les fibres non respirables peuvent tout de même se déposer dans les voies respiratoires supérieures (fibres inhalables ou inspirables).

Les fibres telles que définies par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) dans le comptage en microscopie optique à contraste de phase (MOCP) ont un diamètre inférieur ou égal à 3 µm, une longueur supérieure ou égale à 5 µm et un rapport longueur/diamètre supérieur ou égal à 3.

1.1.2 Fibres minérales artificielles (FMA)

Le terme FMA désigne couramment un groupe de fibres siliceuses et vitreuses. Il s'agit, pour être plus précis, de **fibres artificielles minérales non métalliques siliceuses vitreuses** (figure 1).

Elles sont essentiellement représentées par :

- les laines minérales (LM), appelées aussi laines d'isolation, qui sont les plus massivement utilisées ;
- les fibres céramiques réfractaires (FCR) ;
- les filaments continus de verre ;
- les fibres de verre à usage spécial (couramment appelées microfibrés®).

1.1.3 Laines minérales (LM)

On parle de laine lorsque les fibres sont positionnées de manière quelconque les unes par rapport aux autres. Il existe trois principales variétés de LM : les laines de verre, les laines de roche et les laines de laitier. Les LM sont des matériaux isolants phoniques, thermiques ou utilisés en protection incendie, composés de fibres obtenues par fusion puis par fibrage de verre, de roches ou de laitier de haut fourneau. Elles peuvent se présenter sous des formes aussi diverses que des rouleaux ou des plaques, revêtus ou non de kraft, d'aluminium ou d'autres matériaux, mais aussi sous forme de flocons, de coquilles.

La laine de verre est utilisée pour des températures inférieures à 500 °C, la laine de roche et la laine de laitier le sont pour des températures inférieures à 700 °C.

Aux États-Unis, le terme « mineral wool » désigne la laine de roche, ou le groupe laine de roche et laine de laitier (slag wool), mais exclut la laine de verre (glass fiber).

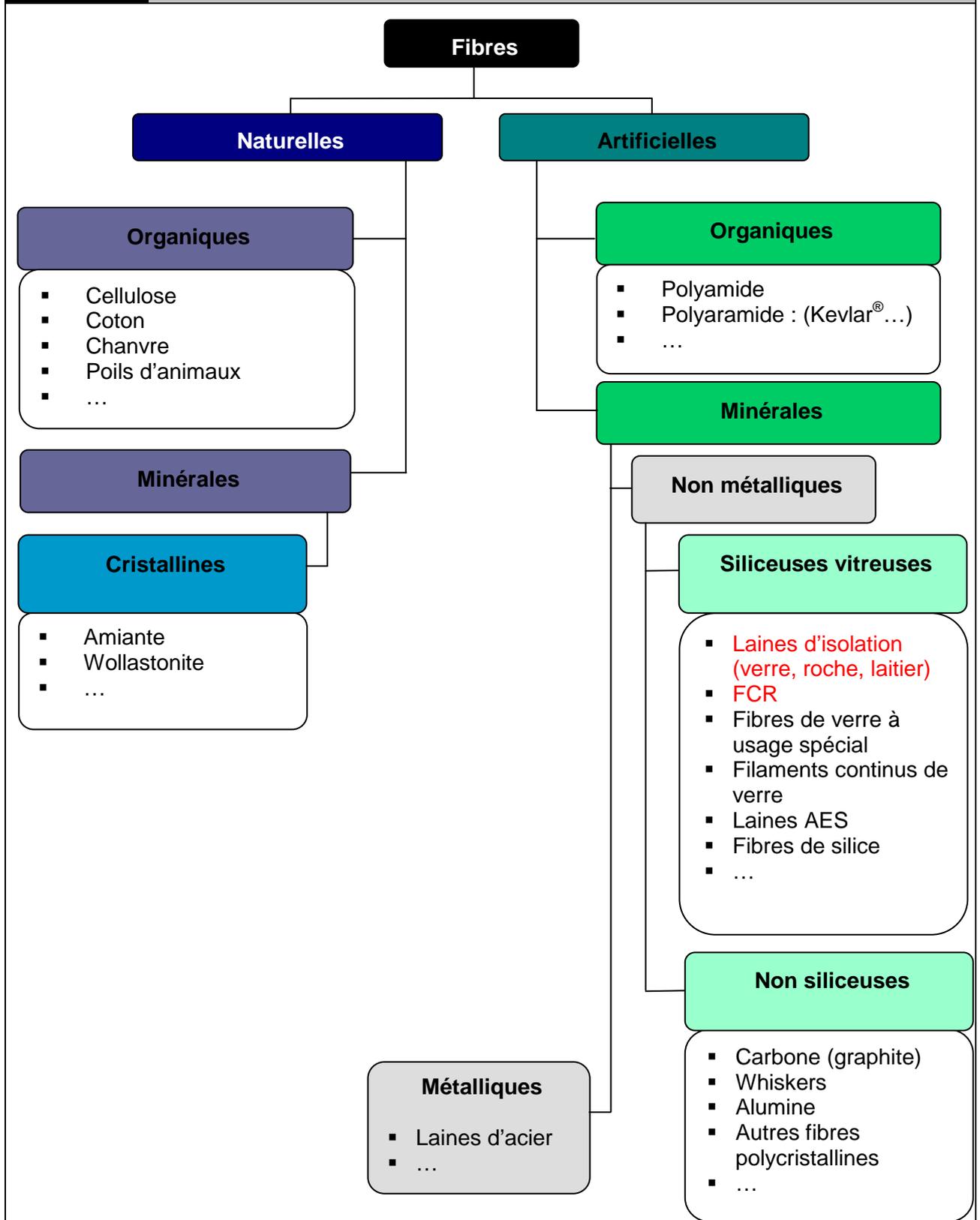
1.1.4 Fibres céramiques réfractaires (FCR)

Les FCR sont produites par fusion puis par fibrage de kaolin ou d'un mélange d'oxydes d'alumine et de silice. Ce sont des matériaux utilisés pour leur caractère hautement réfractaire. Les FCR sont régulièrement mises en œuvre pour des utilisations à plus de 1 000 °C (jusqu'à 1 500 °C suivant les oxydes rajoutés). On les utilise sous forme de fibres en vrac, de nappes, de modules, de pièces de formes (produits moulés), en ajout dans des mortiers ou des produits de jointage réfractaires prêts à l'emploi.

Depuis le début des années 1990, de nouvelles fibres moins bio-persistantes, les laines AES (Alkaline Earth Silicate ou laines de silicate alcalino-terreux), sont fabriquées par les principaux producteurs de FCR. Depuis 1998, une deuxième génération d'AES est commercialisée, avec des températures maximales d'utilisation supérieures à celles de première génération : 1 250 °C environ pour ces dernières contre 1 000 °C pour les premières.

Figure 1

Typologie simplifiée des matériaux fibreux
(en rouge, les fibres minérales artificielles étudiées dans ce guide)



1.2 DEFINITIONS REGLEMENTAIRES

Il existe plusieurs définitions disponibles pour chaque variété de FMA, qu'il s'agisse de définitions normalisées telles les normes NF (normalisation française) ou CAS (Chemical Abstracts Service) ou extraites du droit européen.

Il est à noter qu'aucune de ces définitions n'est d'une extrême précision, ce qui entraîne une flexibilité quant aux compositions chimiques possibles pour ces fibres.

1.2.1 Laines minérales

- **Norme NF B 20-001** : ensemble de fibres en matière minérale amorphe, de consistance laineuse, et obtenues normalement à partir de laitier, de roche ou de verre ;
- **Directive européenne 97/69/CE du 5 décembre 1997** : fibres (de silicates) vitreuses artificielles à orientation aléatoire dont le pourcentage pondéral d'oxydes alcalins et d'oxydes alcalino-terreux ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{BaO}$) est **supérieur à 18 %**.

1.2.2 Fibres céramiques réfractaires

- **Directive européenne 97/69/CE du 5 décembre 1997** : fibres (de silicates) vitreuses artificielles à orientation aléatoire dont le pourcentage pondéral d'oxydes alcalins et d'oxydes alcalino-terreux ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{BaO}$) est **inférieur à 18 %** ;
- **Définition CAS (Chemical abstract service)**¹ : fibres artificielles amorphes produites à partir du mélange de kaolin calciné ou d'une combinaison d'alumine et de silice, par centrifugation ou soufflage. Des oxydes tels que la zircone, l'oxyde ferrique, l'oxyde de magnésium, l'oxyde de calcium ou des alcalins peuvent être ajoutés. Les pourcentages pondéraux estimés correspondent à : alumine (20-80 %) ; silice (20-80 %) ; autres oxydes en quantité moindre.

Laines AES

Leur composition, fibres de silicates vitreuses artificielles à orientation aléatoire et dont le pourcentage pondéral d'oxydes alcalins et d'oxydes alcalino-terreux ($[\text{Na}_2\text{O}] + [\text{K}_2\text{O}] + [\text{CaO}] + [\text{MgO}] + [\text{BaO}]$) est supérieur à 18 %, les classe dans la même catégorie que les laines minérales classiques (verre, roche, laitier).

1.3 COMPOSITIONS CHIMIQUES ET CARACTERISTIQUES

1.3.1 Laines minérales

- La laine de verre est produite par fusion de sable. Sa composition est :
 SiO_2 : 63 à 65 % Al_2O_3 : 2 à 4 % Na_2O et K_2O :
 Fe_2O_3 : 0 à 1 % CaO et MgO : 9 à 12 % 15 à 19 %
 B_2O_3 : 2 à 6 % BaO : 0 à 3 %

Les fibres ont un diamètre moyen de 2 à 8 μm et un point de fusion de 650 à 700° C.

- La laine de roche a comme matière première le basalte (roche aluminosiliceuse). Sa composition est :
 SiO_2 : 38 à 48 % Al_2O_3 : 10 à 24 % K_2O et Na_2O : 1 à
 FeO : 2 à 11 % CaO et MgO : 20 à 3 %
40 %

Information : les laines haute température, introduites au début des années 1990, se définissent comme des laines de roche à forte teneur en alumine et faible teneur en silice. Les composants principaux de ces laines restent des roches de type basalte ou diabase (dolérite) additionnées d'agents de fusion tels que le carbonate de calcium et la dolomite. Depuis la fin des années 1990, elles sont les seules laines de roche présentes sur le marché. Malgré leur dénomination de laines haute température, elles ne peuvent substituer les FCR que pour des températures relativement basses (< 1 000 °C).

- La laine de laitier a pour matière première les résidus de hauts fourneaux. Sa composition est :
 SiO_2 : 37 à 45 % Al_2O_3 : 10 à 12 % Na_2O et K_2O : 0
 FeO : 0 à 1 % CaO et MgO : 40 à 1 %
48 %

Les fibres de roche et de laitier ont un diamètre moyen de 1,7 à 3,5 μm et un point de fusion de 760 à 870 °C.

- Impuretés présentes :
 - des particules non fibreuses (Shot) sont produites lors de la fabrication des fibres de roche et de laitier. Elles peuvent représenter 20 à 50 % en poids du matériau pour les laines de roche et de laitier, mais ne sont qu'à l'état de trace pour les laines de verre. Bien que ce soit la forme "fibre" qui confère l'essentiel des propriétés isolantes par « emprisonnement » de l'air, la présence de shots ne semble pas altérer ces propriétés ;
 - depuis les années 1950, des huiles et autres lubrifiants sont additionnés aux laines durant le traitement pour réduire la production de poussières du produit. Un liant organique peut aussi être appliqué sur les laines immédiatement après la formation des fibres afin de maintenir les fibres sous forme de masse spongieuse (ensimage). Ce liant est habituellement une résine formo-phénolique. D'autres additifs appliqués sur les laines peuvent inclure des agents antistatiques, des agents d'élasticité, des stabilisants et des inhibiteurs de micro-organismes. Depuis quelques années, d'autres résines sont utilisées, les résines mélamines ou acryliques. Les liants contenus dans les laines d'isolation restent quantitativement faibles (1 à 10 % en moyenne). Les producteurs annoncent qu'un fort dégagement de formol, de phénol et d'autres composés se produit lorsque les laines sont portées pour la première fois au-dessus de 200 °C environ. Cependant, à basse température voire à température ambiante, le dégagement des composés organiques volatils est aussi présent.

¹ Seule définition officielle selon l'ECFIA (European Ceramic Fibres Industry Association).

1.3.2 Fibres céramiques réfractaires

- Les FCR sont produites par fusion de kaolin calciné (États-Unis d'Amérique) ou d'une combinaison d'alumine et de silice (Europe), ce qui leur donne la composition suivante :

SiO_2 : 47 à 54 % Al_2O_3 : 35 à 51 % Na_2O : <1 %
 Fe_2O_3 : <1 % CaO : <1 % K_2O : <1 %
 ZrO_2 : 0 à 17 % MgO : <1 % TiO_2 : 0 à 2 %

Elles ont un diamètre moyen de 1 à 3 μm et un point de fusion de 1 740 à 1 800 °C (2 600°C avec zircon e).

- Impuretés présentes :
 - des particules non fibreuses (Shot) sont produites lors de la fabrication des FCR. Elles peuvent représenter de 40 à 60 % en poids du matériau (Inserm [4]) ;
 - les FCR contiennent le moins possible d'alcalins et d'alcalino-terreux, considérés comme des impuretés pour ce type de fibres. C'est en effet cette absence d'alcalins et d'alcalino-terreux qui leur confère une résistance à de très hautes températures.

- Contrairement aux laines minérales, la majorité des produits à base de FCR ne contient pas de liant. La liaison des fibres entre elles est effectuée à l'aide de procédés mécaniques, de type aiguilletage essentiellement (ex : nappe aiguilletée). Quand ils existent, les liants peuvent être d'origine organique ou inorganique. Les liants organiques ne résistent pas aux très hautes températures. Ils sont donc utilisés comme liant intermédiaire, facilitant la manipulation et réduisant les émissions de poussières, et seront dégradés dès la première utilisation à haute température.

- Les liants organiques regroupent l'amidon, les résines formo-phénoliques (<10 % en poids) et les résines acryliques (polymère d'éthyl-acrylate) (<15 % en poids) pour les basses températures;

- les liants inorganiques regroupent la silice et les silicates, la silice colloïdale et l'argile.

2. Production

Les données chiffrées présentées dans ce paragraphe sont issues essentiellement des deux rapports de l'Anses, l'agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ex Afsset : Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail sur les fibres minérales artificielles - Rapport d'expertise collective relatif aux laines minérales et aux filaments continus de verre ; Rapport d'expertise collective relatif aux FCR et filaments continus de verre ; "Comité d'experts spécialisés des risques liés aux milieux aériens" ; "Groupe de travail fibres minérales artificielles"[5,6]). Les données ont été notamment collectées dans le cadre d'auditions des principaux producteurs et utilisateurs de fibres minérales par l'Anses (Afsset) en 2007.

2.1 PRODUCTION DES LAINES MINÉRALES

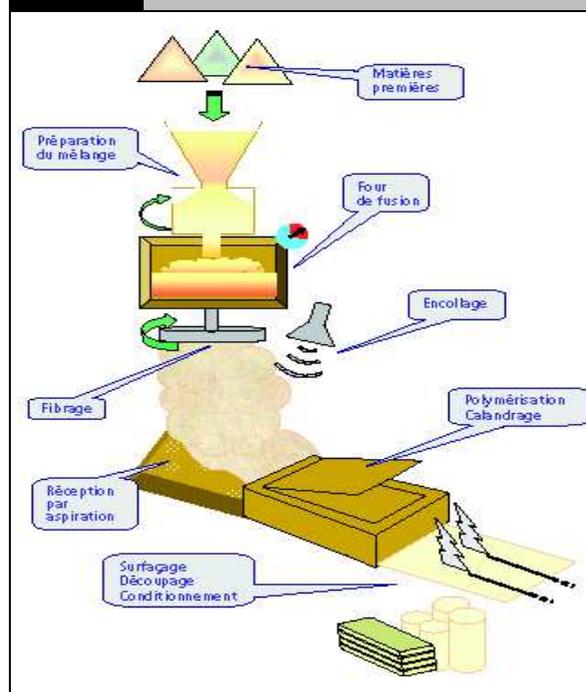
Toutes les LM sont obtenues suivant un même procédé général :

- les matières premières, que sont le basalte et le carbonate de calcium pour la laine de roche, le laitier de haut fourneau pour la laine de laitier et le sable pour la laine de verre, sont fondues à des températures comprises entre 1 000 et 1 500 °C ;
- puis ce mélange est coulé afin de permettre le fibrage par différents procédés (centrifugation dans un disque percé pour la laine de verre, centrifugation sur des roues à rotation rapide pour les laines de roche et de laitier) (figure 2) ;
- un liant garantissant la tenue des fibres entre elles est pulvérisé à la sortie et les fibres sont soufflées sur un tapis roulant pour former un matelas qui passe ensuite dans un four afin de polymériser le liant. C'est ce liant qui va donner les différentes couleurs connues pour les LM (jaune ou vert essentiellement). D'autres produits peuvent être ajoutés suivant les spécificités attendues du produit (agents suppresseurs de poussières, agents antistatiques, agents mouillants, résines) ;
- le produit peut ensuite être découpé et emballé tel quel, ou bien partir dans un circuit dit secondaire afin d'y être transformé en une grande variété de formes (flocons, plaques, pièces de forme).

Les premières LM ont été fabriquées industriellement dès 1885 en Angleterre, à partir du laitier de hauts fourneaux (résidu de la fabrication de fonte). La laine de roche a été quant à elle produite pour la première fois en 1897 aux États-Unis d'Amérique et il a fallu attendre 1930 pour la production de laine de verre.

Les chiffres de la production française sont difficilement appréciables, mais les ventes de LM en France étaient de 12 millions de m³ par an en 1993 et de plus de 20 millions de m³ par an en 2004 (soit environ 500 000 tonnes, mais la densité est très fluctuante en fonction du produit). Connaître ces chiffres de ventes ne permet cependant pas de fournir d'indications relatives aux quantités réellement utilisées en France. En effet, une part de ces produits peut être exportée, soit pour être directement utilisée hors du territoire, soit pour y être transformée et revenir en France sous forme de produits secondaires. À cela, se joint aussi l'importation de produits primaires.

Figure 2 Schéma simplifié du procédé de fabrication des laines minérales



2.2 PRODUCTION DES FIBRES CÉRAMIQUES REFRACTAIRES

La FCR a été conçue en 1942 aux États-Unis d'Amérique et sa commercialisation a réellement débuté au milieu des années 1950. La production en Europe a démarré au milieu des années 1960.

Les matières premières sont fondues dans un four à des températures allant de 1 500 °C à 2 100 °C, puis le mélange est projeté sur des roues en rotation (procédé par centrifugation) ou dans un courant d'air (procédé par soufflage). Par création d'un vide, les fibres formées sont emmenées sur un tapis pour former un matelas. À ce niveau, soit les fibres sont conditionnées telles quelles (fibres en vrac), soit elles sont dirigées vers une aiguilleuse pour former des nappes (dites nappes aiguilletées). Contrairement aux laines minérales, il n'y a pas ici de procédé chimique pour lier les fibres entre elles, mais un procédé mécanique. Ces deux types de produits sont dits primaires et peuvent être utilisés en l'état, mais ils peuvent aussi servir à la fabrication de produits secondaires plus élaborés (modules, plaques ou pièces de formes, feutres, papiers, tresses...), ou être ajoutés dans des mastics et des bétons.

La France est un important producteur européen de FCR. Au début des années 1990, elle assurait près de 40 % de cette production avec environ 21 500 tonnes par an. Depuis 1994, la production annuelle française a régulièrement baissé et se situait aux environs de 7 500 tonnes pour l'année 2004. Cette chute s'explique notamment par le fait que, depuis le début des années 1990, de nouvelles fibres moins bio-persistantes, les laines AES, sont fabriquées par les principaux producteurs de FCR. La production d'AES a fortement progressé depuis les années 1990 pour atteindre 14 000 tonnes en 2004, soit 65 % de la production totale

de fibres d'isolation haute température. En 2005, la commercialisation des AES "deuxième génération" a de nouveau fait chuter le niveau de production des FCR. Elles représentaient près de 55 % des parts de marché en Europe. Pour les mêmes raisons que celles indiquées pour les LM, les quantités de FCR présentes sur le territoire français paraissent difficilement évaluables.

2.3 PRODUCTION DES FIBRES MINERALES ARTIFICIELLES : LES PRINCIPALES PROFESSIONS CONCERNEES

L'ensemble des personnels de la production de FMA est concerné par les expositions à ces fibres, de façon permanente. Les intensités d'exposition sont plus élevées pour les personnes affectées aux finitions et à la transformation en produits secondaires, ainsi que pour les personnels de maintenance et d'entretien. Les personnes exerçant directement aux postes de production des LM sont moins exposées quantitativement (les fibres ne sont pas encore formées et il n'existe donc que l'exposition ambiante, ou bien elles sont immédiatement enduites de liant par pulvérisation après génération et donc peu émettrices). Les personnels administratif ou d'encadrement sont exposés de façon plus ou moins sporadique et à des niveaux encore plus bas.

Les niveaux d'exposition dans les secteurs de la production avant les années 1960 étaient supérieurs. Pour les LM, Cherrie et Dogson [7] parlent d'un facteur de réduction de concentration de 3 à 9 entre les niveaux des années 1940 et ceux des années 1980. Il y aurait plusieurs facteurs explicatifs à cette fluctuation des niveaux d'exposition : diamètre des fibres dans le produit, contenu en huile (agent supprimeur de poussières) et liant du produit, procédé de fabrication, taille du bâtiment, ventilation, nettoyage des lieux de travail...

3. Utilisations des fibres minérales artificielles ; secteurs et professions concernés

3.1 UTILISATIONS DES LAINES MINÉRALES, SECTEURS ET PROFESSIONS EXPOSÉS

Les LM sont essentiellement utilisées pour l'isolation thermique ou acoustique des bâtiments, ainsi que pour la protection incendie des structures. Ces utilisations représentent 85 % de la production. L'industrie, pour l'isolation des tuyaux, des fours, des chaudières, la climatisation et la ventilation (gainés de circulation d'air), l'électroménager, mais aussi la culture hors-sol sont les autres débouchés de ces FMA (tableau 1).

Les laines de roche ou de laitier sont préférées à la laine de verre quand il y a nécessité d'une meilleure résistance mécanique ou résistance au feu. La laine de verre est donc utilisée pour des températures inférieures à 500 °C en continu, les laines de roche et de laitier pour des températures allant jusqu'à 700 °C maximum. La laine de roche est plus utilisée que la laine de verre pour l'isolation des sols et planchers. Elle possède en effet une plus grande stabilité et une meilleure résistance à la compression. Elle est aussi plus souvent utilisée pour ses qualités d'isolant acoustique. La laine de verre, plus "souple" et donc plus facile à poser, est notamment utilisée dans les endroits exigus comme les soupentes des toitures. La laine de laitier, beaucoup moins répandue que les deux autres variétés de LM, est régulièrement utilisée pour les flocages, dans les parkings souterrains par exemple, mais aussi comme laine soufflée dans les combles ou interstices.

Dans la construction navale, les LM ont une utilisation mixte entre le bâtiment et l'industriel, puisqu'elles servent aussi bien à l'isolation acoustique ou thermique des cabines qu'à l'isolation des parties techniques des bateaux comme les machineries et les tuyauteries. À titre d'exemple, environ 1 500 tonnes de laine de roche ont été utilisées lors de la fabrication du navire de croisière Queen Mary II, qu'il s'agisse, en fonction des applications, de panneaux découpés et revêtus (aluminium, plomb, voile de verre) pour isoler la coque du navire, les structures métalliques, les salles machines, les cabines, ou de pièces de forme, pour les tuyauteries notamment [8].

La grande majorité des bâtiments industriels, résidentiels ou de bureaux contient des laines minérales pour l'isolation phonique, thermique, technique ou la protection incendie. Les personnes amenées à réaliser des opérations de maintenance ou d'entretien dans ces bâtiments sont donc toutes susceptibles d'entrer en contact avec des fibres de LM.

Les professions exposées :

- utilisent ces matériaux pour des opérations d'isolation ou de calorifugeage : calorifugeurs, poseurs d'isolations acoustiques ou thermiques, menuisiers du bâtiment... ;
- interviennent sur des matériaux déjà en place : métiers de l'isolation, ouvriers de maintenance, ouvriers du second œuvre du bâtiment (plombiers, couvreurs, électriciens, charpentiers, menuisiers), soudeurs, tuyauteurs... ;
- peuvent se trouver à proximité immédiate de personnes intervenant sur ces matériaux : ouvriers ou techniciens des secteurs utilisateurs en général.

Tableau 1

Principales applications des laines minérales par type de produits

Type de produits	Principales applications	
Nappes/Rouleaux	Isolation thermique des combles, pentes de toit, planchers Isolation de tuyauteries	Isolation de matériels électriques, électroménagers, de matériel de transports
Vrac/Flocons	Isolation thermique des combles perdus (soufflage) Isolation des espaces clos d'épaisseur réduite (injection)	Protection incendie, isolation acoustique (flocage) Culture hors-sol
Panneaux	Isolation de parois de cuves, de chaudières... Isolation thermique/acoustique des murs, plafonds	Isolation de matériels électriques, électroménagers, de matériel de transports Écrans thermiques
Pièces de formes (coquilles...)	Isolation de tuyauteries Gainés d'aérations	Culture hors-sol

3.2 UTILISATIONS DES FIBRES CERAMIQUES REFRACTAIRES, SECTEURS ET PROFESSIONS EXPOSEES

Étant donné la relative difficulté à fabriquer des FCR et leur coût élevé, ces fibres ne sont pas aussi répandues que les LM. Elles sont, par exemple, quasiment absentes de l'isolation des bâtiments et donc plutôt réservées à des applications industrielles à (très) hautes températures.

En termes d'application (tableau 2), la répartition en volumes utilisés en FCR est la suivante :

- garnissage de fours industriels et garnissage de hauts fourneaux : 50 % ;
- isolation des appareils de chauffage industriels ou de chauffage domestiques : 20 % ;
- métallurgie (garnissage des moules, des lingotières, des wagonnets...) : 10 % ;
- isolations industrielles de façon plus générale (tuyauteries...) : 10 % ;
- automobile (pot catalytique, filtre airbag...) : 5 % ;
- protection incendie (porte coupe-feu, clapet anti-feu...) : 5 %.

Pour les FCR, la part des applications domestiques à la fin des années 1980 représentait 20 % du volume (isolation de chaudières, de fours, de plaques vitrocéramiques, d'inserts...).

Leur classification en tant que substance cancérigène (groupe 2B du Circ en 1988 et cancérigène de catégorie 2 de l'Union européenne en 1998) a fait fortement se recentrer les utilisations vers le monde professionnel. Actuellement, 98 % des FCR sont utilisées dans le domaine industriel.

Les principaux secteurs sont la chimie et la pétrochimie, la sidérurgie, l'industrie du verre et de la céramique, ou encore la construction automobile, la construction navale, ferroviaire ou aérospatiale.

Les professions exposées :

- utilisent ces matériaux pour des opérations d'isolation ou de calorifugeage ;
- interviennent sur des matériaux déjà en place : métiers de l'isolation, ouvriers de maintenance, soudeurs, tuyauteurs... ;
- peuvent se trouver à proximité immédiate de personnes intervenant sur ces matériaux : ouvriers ou techniciens des secteurs utilisateurs en général.

Tableau 2 Principales applications des fibres céramiques réfractaires par type de produits	
Type de produits	Principales applications
Nappes/modules	Isolation de fours Joints de dilatation Protection feu Matières premières*
Vrac	Matières premières* Joints d'étanchéité de fours Joints de dilatation
Panneaux	Isolation de parois, de fours et de chaudières Joints de dilatation Écrans thermiques
Papiers	Isolation thermique Isolation électrique Isolation de lingotières Filtration haute température
Pièces de formes	Isolation de fours et chaudières Isolation de tuyauteries Isolation de pièces en fonderies
Textiles	Bouchage de fissure Isolation composite pour l'aérospatiale Rideaux thermiques

* Nappe et vrac sont appelés produits primaires. Ils peuvent être utilisés tels quels, ou servir de "matières premières pour les produits dits secondaires (panneaux, pièces de formes...).

4. Effets sur la santé et réglementation

4.1 EFFETS SUR LA SANTE

Toutes les FMA, en particulier celles dont le diamètre dépasse 4 µm, ont un caractère irritant et peuvent induire notamment une dermatite irritative prurigineuse, ainsi que des irritations au niveau des yeux et des voies respiratoires supérieures. Des manifestations allergiques cutanées ou respiratoires peuvent également survenir, selon la composition chimique et la présence d'additifs (liants...).

Les FCR sont cancérigènes chez l'animal. Les données épidémiologiques disponibles ne permettent pas d'évaluer le risque de cancer lié à l'exposition aux FCR chez l'homme. Toutefois, chez les travailleurs de l'industrie de production exposés à ces fibres, des excès d'épaississements pleuraux et des altérations de la capacité respiratoire ont été observés.

Il existe des preuves limitées de la cancérigénicité des LM chez l'animal, qui induisent des tumeurs par voie intra-péritonéale, mais pas par voie inhalatoire. Les études portant sur les travailleurs du secteur de la production de LM ne mettent pas en évidence d'augmentation du risque de cancer ou de pathologies respiratoires non malignes. Cependant, l'exposition dans le secteur de la production est d'un niveau généralement plus faible que chez les utilisateurs de ces matériaux, pour lesquels les données épidémiologiques sont insuffisantes pour évaluer le risque associé aux LM du point de vue de leur cancérigénicité pour l'homme.

4.2 REGLEMENTATION

4.2.1 Classifications du Centre international de recherche sur le cancer (Circ) et de l'Union européenne (UE)

Laines minérales

- **Circ** : groupe 3 (*l'agent - le mélange ou le mode d'exposition - ne peut être classé quant à sa cancérigénicité pour l'homme*) ; groupe 2B (*l'agent ou le mélange est un cancérigène possible pour l'homme*) jusqu'en 2002 ;
- **UE** : cancérigène de catégorie 3 (*substances préoccupantes pour l'homme en raison d'effets cancérigènes possibles mais pour lesquelles les informations disponibles ne permettent pas une évaluation suffisante*).

Exonération de classification : certaines fibres de laines minérales peuvent être exonérées si elles remplissent une des quatre conditions précisées dans la Note Q [9] de la directive 97/69/CE.

Position des fabricants membres du Filmm (Syndicat national des fabricants d'isolants en laines minérales manufacturées) :

« Toutes les usines des membres du Filmm fournissant le marché français sont certifiées par l'Euceb (European Chemical Board for Mineral Wools) afin de garantir aux utilisateurs que les fibres constituant leurs produits en laines minérales sont exonérées du classement cancérigène.* »

* **Note de l'auteur** : Si des laines minérales mises sur le marché en France ne sont pas produites dans des usines certifiées par l'Euceb, elles restent concernées par la classification.

Fibres céramiques réfractaires

- **Circ** : groupe 2B (*l'agent ou le mélange est un cancérigène possible pour l'homme*) ;
- **Union européenne** : cancérigène de catégorie 2 (*substances devant être assimilées à des substances cancérigènes pour l'homme*).

4.2.2 Valeurs limites moyennes d'exposition

Laines minérales

- **France** : 1 fibre.cm⁻³ (valeur indicative) ;
- États-Unis d'Amérique : 1 fibre.cm⁻³ ;
- Allemagne ; Australie : 0,5 fibre.cm⁻³ ;
- Irlande ; Pays-Bas : 2 fibres.cm⁻³.

Fibres céramiques réfractaires

- **France** : 0,1 fibre.cm⁻³ depuis le 01/07/2009 (valeur contraignante) ; historique : 1 fibre.cm⁻³ jusqu'au 01/01/1997, puis 0,6 fibre.cm⁻³ jusqu'au 26/11/2007 (valeurs indicatives) ; puis 0,5 fibre.cm⁻³ jusqu'au 01/07/2009 (valeur contraignante).
- Royaume-Uni : 1 fibre.cm⁻³ ;
- Allemagne : 0,5 fibre.cm⁻³ (production) ; 0,25 fibre.cm⁻³ (installations nouvelles) ;
- Italie/Suède : 0,2 fibre.cm⁻³ ;
- États-Unis d'Amérique : valeur préconisée par "The RCF Coalition" : 0,5 fibre.cm⁻³ sur 8 h TWA ; valeur préconisée par The American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) : 0,2 fibre.cm⁻³ sur 8 h TWA.

4.2.3 Identifiants réglementaires

Laines minérales

- R38 ; Xi ; irritant pour la peau ;
- n°CAS 65997-17-3 (laine de verre) ;
- n°CAS 308066-92-4 (glass fibers, wool) ;
- n°CAS 194718-72-4 (laine de roche) ;
- n°CAS 287922-11-6 (laine de roche HT).

Fibres céramiques réfractaires

- R49 ; R38 ; Xi ; irritant pour la peau
- n°CAS : 142844-00-6.

5. Matrice emplois-expositions aux laines minérales

5.1 DEFINITION DES NUISANCES EVALUEES

Il n'a pas été possible de distinguer clairement les applications des différents types de laines dans cette matrice. La matrice relative aux expositions aux LM les évalue donc sans distinction.

Rappelons que la définition d'une fibre par l'OMS (comptage de fibres par MOCP définies dans la méthode OMS) est : diamètre $\leq 3 \mu\text{m}$, longueur $\geq 5 \mu\text{m}$, L/D ≥ 3 , et que la MOCP ne permet de mesurer que les fibres de diamètre supérieur à $0,25 \mu\text{m}$ et de longueur supérieure à $5 \mu\text{m}$. Or, l'étendue de la moyenne des diamètres des LM est de $1,7$ à $8 \mu\text{m}$ (voir $15 \mu\text{m}$ pour certaines laines de verre). Il est donc entendu que toutes les fibres ne sont pas dénombrées, notamment les plus fines ou les plus courtes, ou bien, plus important concernant les laines minérales, celles ayant un diamètre $>3 \mu\text{m}$ si l'intérêt n'est porté que sur les fibres dites respirables. Dans les études nord-américaines, l'utilisation des règles de comptage NIOSH 7400 B² (dans laquelle la différence majeure est l'utilisation d'un ratio L/D ≥ 5 contre L/D ≥ 3 par ailleurs) entraîne une sous-estimation des concentrations réelles (d'un facteur moyen de 2 à 3 [10]) ; de même en ce qui concerne la non-prise en compte du dépôt de fibres sur le cylindre protégeant le filtre au cours du prélèvement.

Les niveaux généralement relevés dans la littérature retenue semblent donc bien inférieurs aux niveaux "toutes fibres" réellement présents.

L'unité utilisée pour définir l'intensité d'exposition est le nombre de fibres par centimètre cube (ou par millilitre) d'air.

5.2 REALISATION PRATIQUE DE LA MATRICE

Pour réaliser la matrice, les étapes ont été les suivantes :

1/ Une recherche bibliographique a permis de préciser les caractéristiques des nuisances (physique, chimie, toxicologie), de recueillir des informations sur les procédés de fabrication, les circonstances d'utilisation, les produits et substances compris dans l'évaluation, les réglementations applicables et de réunir les données métrologiques et épidémiologiques disponibles, ainsi que les voies de pénétration prises en compte.

Un niveau minimum dans la population générale au-dessus duquel un individu est considéré comme exposé a également été défini. La base de données Ev@lutil [11] a servi d'assise à la réflexion de ce travail préparatoire. En effet, cette base rassemble l'ensemble des données métrologiques en milieu professionnel extraites de la littérature scientifique internationale ou de rapports techniques. Toutes les références étudiées pour repérer des métrologies ne sont pas répertoriées dans la partie « bibliographie » de ce rapport. Leurs références sont consultables sur le site Internet Ev@lutil.

2/ Les nomenclatures de professions ont été systématiquement passées en revue pour définir les

codes des professions exposées (à un niveau supérieur à celui de la population générale). Les professions avec une "exposition inférieure au minimum *a priori* quel que soit le secteur" ont été éliminées.

3/ Classement des secteurs d'activité selon deux grandes catégories :

- présence de LM uniquement dans l'isolation classique des bâtiments et pas de raison connue d'un délitage excessif de ces isolations : les travailleurs de type administratif de ces secteurs n'ont pas d'expositions supérieures à celle du "bruit de fond" de la population générale ($10^{-3} \text{ f.cm}^{-3}$). Seuls seront exposés les travailleurs susceptibles d'intervenir sur ces isolations (électriciens, plombiers, personnels d'entretien...),
- en dehors de la présence de laines minérales dans les locaux, ces matériaux peuvent se retrouver dans les procédés de production ou en tant qu'isolants de machines ou de matériels. Les travailleurs naturels de ces secteurs peuvent donc être confrontés à une exposition directe, indirecte ou passive, supérieure au "bruit de fond" de la population générale.

4/ Création des couples profession x secteur spécifiques, puis création d'algorithmes (1 métier avec des expositions équivalentes sur plusieurs secteurs, ou 1 secteur avec des expositions équivalentes pour plusieurs métiers).

5/ Évaluation semi-quantitative des expositions (probabilité, intensité, fréquence – voir paragraphe suivant) dans chaque couple-période créé.

5.3 PERIODES D'EXPOSITION RETENUES

La production et les utilisations de LM ont beaucoup évolué depuis les années 1940 : augmentation des tonnages produits, mais aussi apparition de nouveaux matériaux pouvant se substituer aux laines, remplacement de l'amiante pour certaines utilisations. Afin de simplifier la matrice, autant pour sa construction que pour son application, seules trois dates principales ont été retenues, 1945, 1975 et 1985, pour les raisons suivantes :

- 1945 : reconstruction après guerre, début de l'utilisation massive de LM ;
- 1975 : suite au choc pétrolier, efforts dans l'isolation, des logements notamment, ajoutés à une première réglementation amiante (flocages interdits en 1978) ;
- 1985 : baisse significative de l'utilisation de l'amiante (amorcée dès 1975), abaissement des VLE amiante (1987) et 2^e réglementation amiante (seul le chrysotile reste autorisé après 1988).

Quelques dates particulières sont aussi présentes suivant les spécificités de l'emploi.

5.4 INDICES D'ÉVALUATION DE L'EXPOSITION

Trois indices ont été utilisés pour évaluer l'exposition aux fibres de LM : la proportion de travailleurs exposés, l'intensité durant les tâches exposantes, la fréquence de réalisation de ces tâches. Le type d'exposition majoritaire (direct ou indirect) est noté dans la matrice à titre informatif.

² NIOSH : National Institute for Occupational Safety and Health.

5.4.1 La probabilité d'exposition

C'est la proportion moyenne de travailleurs de l'emploi concerné exposés aux fibres de LM. Cette probabilité est évaluée en quatre classes :

	1. Faible	2. Moyenne	3. Forte	4. Très forte
Proportion d'exposés (%)	1 à 10	11 à 50	51 à 90	≥ 91

Lorsque dans un emploi donné, moins de 1 % des personnes sont exposées, l'emploi est considéré comme non exposé et n'est pas présenté dans la matrice.

5.4.2 L'intensité

Intensité minimum

Les intensités d'exposition prises en compte sont celles qui sont supérieures aux niveaux de fond relevés dans des bâtiments avec des dalles de plafond ou des systèmes de ventilation contenant des FMA, soit des niveaux de l'ordre de 10^{-3} f.cm⁻³ (Inserm [4]) ; sont donc exclues les personnes qui n'ont qu'une exposition passive par le biais de l'isolation de leur lieu de travail, mais sans autres sources de contamination via des machines ou des procédés utilisant les FMA.

Intensité

L'intensité évalue la concentration à laquelle est soumis l'opérateur au moment de l'exposition (ou pendant les tâches exposantes) en fonction des tâches effectuées et de son environnement de travail. Les niveaux d'exposition concernent toutes les fibres (inhalables, respirables...) car si les fibres les plus "fines" (dites respirables : diamètre <3 µm) sont susceptibles d'avoir des effets sur l'appareil respiratoire, les fibres de diamètre plus important peuvent avoir des effets cutanés, ophtalmologiques et au niveau des voies aéro-digestives supérieures. La proportion de fibres respirables varie suivant les observations de terrain de 20 à 80 %.

	Intensité 1	Intensité 2	Intensité 3
Échelle quantitative (f.cm⁻³)	0,001 à 0,1	0,1 à 1*	≥ 1
Ambiance/Tâches	Pas d'intervention directe sur les matériaux (présence sur site de production ou de pose) ou petites interventions (petites quantités utilisées) sans usinage	Interventions directes sur matériaux avec usinage ou pose de matériaux compacts neufs essentiellement Production primaire	Interventions (installation ou retrait) sur matériaux friables ou retrait/usinage de matériaux compacts usagés (grosses quantités utilisées)

* Pour rappel, la VME est de 1 f.cm⁻³.

5.4.3 La fréquence

Elle donne une indication du temps moyen que l'opérateur passe à effectuer ces tâches exposantes sur l'ensemble de son temps de travail. Cette fréquence est découpée en quatre classes.

	1. Occasionnelle	2. Intermittente	3. Fréquente	4. Permanente
% global	< 5	5 à 30	30 à 70	>70
Jour	<30 min	30 à 120 min	2 à 6 heures	>6 heures
Semaine	<2 heures	2 à 8 heures	1 à 3 jours	>3 jours
Mois	<1 jour	1 à 6 jours	6 à 15 jours	>15 jours
Année	<15 jours	15 jours à 2 mois	2 à 5 mois	>5 mois

5.4.4 Le type d'exposition

Le type d'exposition majoritaire est noté dans la matrice à titre informatif :

- **direct** : la personne manipule le matériau ;
- **indirect** : la personne est exposée via d'autres travailleurs manipulant le matériau.

5.5 NOMENCLATURES UTILISEES

Les évaluations de l'exposition aux LM ont été réalisées pour des couples de professions et d'activités codés suivant la nomenclature française (PCS 1994 [3] pour les professions et NAF 2000 [2] pour les activités) et la nomenclature internationale (CITP 1968) [1] pour les professions.

Deux matrices sont donc disponibles :

- la matrice CITP 1968 x NAF 2000 ;
- la matrice PCS 1994 x NAF 2000.

La matrice a été élaborée en premier lieu dans la version CITP 1968 x NAF 2000 car cette dernière intègre les intitulés de professions et de secteurs les plus précis et permet ainsi une évaluation de l'exposition la plus fine. La version PCS 1994 x NAF 2000 a ensuite été élaborée par déclinaison de cette première version.

Passage de la version CITP 1968 x NAF 2000 à la version PCS 1994 x NAF 2000

1. Les codes professions PCS concernés par l'exposition ont été recherchés à partir de la nomenclature. En complément, les codes CITP de la matrice version CITP x NAF ont été transcodés en PCS.

2. Les croisements avec les codes NAF ont été réalisés en tenant compte de ceux de la version CITP x NAF et, pour chacun des emplois PCS x NAF ainsi créé, il a été défini de quel emploi CITP x NAF il devait être rapproché.

3. Compte tenu des différences de précisions entre les deux nomenclatures des professions (PCS et CITP), les indices d'exposition évalués dans la version CITP x NAF ont été revus et ajustés pour les appliquer à la version PCS x NAF.

5.6 PARTICULARITES DE LA MATRICE

Seuls les couples de professions et secteurs d'activité considérés exposés à la substance sont indiqués dans la matrice.

- **Version CITP 1968 x NAF 2000** : le secteur de la production de laine de verre est clairement identifié (*NAF 26.1G : fabrication de fibres de verre*). Il permet donc d'identifier les personnes exposées spécifiquement au sein de cette activité. Concernant les laines de roche et de laitier, ce secteur est inclus dans un secteur plus vaste (*NAF 26.8C : fabrication de produits minéraux non métalliques n.c.a.*). Donc, seul le croisement avec une CITP spécifique (*CITP 8-99.70 : conducteur de machine à filer ou fibrer le verre*) permet de différencier un groupe d'employés de la production.
- **Version PCS 1994 x NAF 2000** : la PCS ne propose pas de code spécifique à la production de fibres, seul le code NAF 26.1G permet d'identifier les employés du secteur de la production de laine de verre. Rien ne permet d'isoler spécifiquement les employés de la production des laines de roche et de laitier.

6. Matrice emplois-expositions aux fibres céramiques réfractaires

6.1 DEFINITION DES NUISANCES EVALUEES

Les FCR sont des fibres aux utilisations beaucoup plus spécifiques que les laines minérales. Leur coût plus élevé, leur résistance à très haute température (1 600 °C pour certaines variétés) et leur classification comme cancérigène probable dès 1988 sont des facteurs ayant limité leur utilisation en masse. Les laines AES, principales fibres de substitution aux FCR, et fabriquées par les producteurs de ces dernières, n'ont pas été prises en compte dans l'évaluation. Leur utilisation croissante en substitution des FCR pour les températures inférieures à 1 200°C explique la baisse des niveaux d'exposition aux FCR dans la matrice (décrits ci-après) à partir de la fin des années 1990.

L'unité utilisée pour définir l'intensité d'exposition est le nombre de fibres par centimètre cube (ou par millilitre) d'air.

Comme rappelé dans le paragraphe 5.1, la quantité de fibres dénombrées, par MOCP principalement, peut différer du nombre réel de fibres présentes dans l'atmosphère. Outre le fait que toutes les variétés de fibres sont susceptibles d'être comptées (seuls les critères morphologiques sont pris en compte), entraînant une surestimation possible du résultat, il existe un biais qui lui, donne une sous-estimation de la concentration. En effet, au grossissement utilisé (x400-x500), on s'accorde à situer la résolution d'image des microscopes optiques, c'est-à-dire la limite de visibilité des fibres, entre 0,2 et 0,3 µm (Breyse [12] ; Verma and Clark [13] ; Inserm [4] ; WHO [14]). Par conséquent, les fibres les plus fines et les plus courtes ne sont pas prises en compte lors des comptages MOCP. Ce problème, réel lorsque l'on a affaire à des fibres fines comme les fibres d'amiante (surtout de chrysotile), ne concerne pas vraiment les laines minérales ou les filaments continus dont les diamètres moyens sont bien plus gros, mais se pose en revanche pour les fibres à usage spécial ou encore certaines FCR. Ainsi, Rood [15] situe le diamètre médian des FCR qu'il a étudiées en META (microscopie électronique à transmission analytique) vers 0,5-1 µm et détecte entre 80 % et 90 % de ces fibres en MOCP³.

6.2 REALISATION PRATIQUE DE LA MATRICE

Pour réaliser la matrice, les étapes ont été les suivantes : 1/Une recherche bibliographique a permis de préciser les caractéristiques des nuisances (physique, chimie, toxicologie), de recueillir des informations sur les procédés de fabrication, les circonstances d'utilisation, les produits et substances compris dans l'évaluation, les réglementations applicables et de réunir les données métrologiques et épidémiologiques disponibles, ainsi que les voies de pénétration prises en compte.

Un niveau minimum dans la population générale au-dessus duquel un individu est considéré comme exposé a également été défini. Comme pour les LM, la base de données Ev@lutil [11] a servi d'assise à la réflexion de ce

travail préparatoire. En effet, cette base rassemble l'ensemble des données métrologiques en milieu professionnel extraites de la littérature scientifique internationale ou de rapports techniques. Toutes les références étudiées pour repérer des métrologies ne sont pas répertoriées dans la partie « bibliographie » de ce rapport. Leurs références sont consultables sur le site Internet Ev@lutil.

2/ Les nomenclatures de professions ont été systématiquement passées en revue pour définir les codes des professions exposées (à un niveau supérieur à celui de la population générale). Les professions avec une "exposition inférieure au minimum a priori quel que soit le secteur" ont été éliminées.

3/ Le classement des secteurs d'activité s'est réparti selon deux grandes catégories : secteurs avec des procédés « chauds » et secteurs sans procédés « chauds ».

4/ La création des couples profession x secteur spécifiques a été effectuée, de même quand cela était possible, la création d'algorithmes (1 métier avec des expositions équivalentes pour plusieurs secteurs, ou 1 secteur avec des expositions équivalentes pour plusieurs métiers).

5/ L'évaluation semi-quantitative des expositions (probabilité, intensité, fréquence – voir paragraphe suivant) dans chaque couple-période créé a ensuite été effectuée.

6.3 PERIODES D'EXPOSITION RETENUES

La matrice retrace les expositions aux FCR de 1960 à 2007.

De nombreuses périodes apparaissent dans la matrice FCR, du fait de dates de début ou de fin d'utilisation de ces fibres qui diffèrent suivant les secteurs d'activité. Les principaux événements qui ont influencé les utilisations de FCR sont :

- 1960 : début de l'utilisation industrielle en France dans quelques secteurs (de la céramique notamment) ;
- 1975 : choc pétrolier (effort dans l'isolation ; substitution des briques réfractaires notamment) ; augmentation de l'utilisation des FCR ;
- 1985 : baisse significative de l'utilisation de l'amiante (amorcée dès 1975) + abaissement des VLE amiante (1987) et 2^e réglementation amiante (seul le chrysotile reste autorisé après 1988) : augmentation significative de l'utilisation des FCR ;
- 1990 : La décennie 1990 est celle de l'apogée dans l'utilisation des FCR en termes de volume. Mais certains secteurs débutent la substitution des FCR par d'autres laines haute température, notamment par les laines de silicates alcalino-terreux (AES) de 1^{ère} génération ;
- 2000 : la majorité des secteurs a entamé la substitution des FCR par des laines AES notamment. Seules les applications à très hautes températures (>1 200° C) continuent normalement à bénéficier des FCR.

Dans les faits, de nombreuses autres dates particulières sont prises en compte dans la matrice suivant les

³ Paragraphe extrait des rapports Afsset Janvier 2007 [5] et Juillet 2008 [6]

secteurs d'activité évalués. Les débuts d'utilisations puis de substitutions des FCR sont très disparates d'un secteur à l'autre. Par exemple, les secteurs du verre ou de la sidérurgie ont utilisé ce type de fibre dès les années 1970, mais on les retrouve *a priori* plus tardivement dans le secteur de la pétrochimie (années 1980). Ces périodes sont plus ou moins bien retracées dans le rapport de l'Afsset sur les fibres céramiques réfractaires et les fibres de verre à usage spécial [5].

6.4 INDICES D'ÉVALUATION DE L'EXPOSITION

Comme pour la matrice d'exposition aux laines minérales, trois indices ont été utilisés pour évaluer l'exposition aux FCR : la probabilité d'exposition,

l'intensité durant les tâches exposantes, et la fréquence de réalisation de ces tâches.

6.4.1 La probabilité d'exposition

C'est la proportion moyenne de travailleurs de l'emploi concerné exposés aux FCR. Cette probabilité est évaluée en cinq classes.

Lorsque dans un emploi donné, moins de 0,1 % des personnes sont exposées, l'emploi est considéré comme non exposé et n'est pas présenté dans la matrice.

Cette limite est de 1 % pour les LM, mais les FCR étant moins diffusées que les LM, il est nécessaire d'abaisser cette limite pour faire ressortir des professions exposées dans la population générale des travailleurs.

Classe de probabilité	1. Très faible	2. Faible	3. Moyenne	4. Forte	5. Très forte
Proportion d'exposés (%)	0,1 à 1	>1 à 10	>10 à 50	>50 à 90	>90

6.4.2 L'intensité

Intensité minimum

Aucune intensité minimum (niveau moyen en population générale) n'a été retenue pour la matrice FCR. En effet, même si leur utilisation en population générale a pu être relativement importante via certaines applications (électroménager, chauffage), il s'agit essentiellement de matériaux confinés. Les opérations de maintenance potentiellement exposantes sont essentiellement réalisées par des professionnels. Toute intensité, même faible, est donc considérée comme exposante dans le milieu professionnel.

Intensité

L'intensité évalue la concentration à laquelle est soumis l'opérateur au moment de l'exposition (ou pendant les tâches exposantes) en fonction des tâches effectuées et de son environnement de travail.

Les niveaux d'exposition concernent toutes les fibres (inhalables, respirables...) car si les fibres les plus "fines" (dites respirables : diamètre <3 µm) sont susceptibles d'avoir des effets sur l'appareil respiratoire, les fibres de diamètre plus important peuvent avoir des effets cutanés, ophtalmologiques et au niveau des voies aéro-digestives supérieures. La proportion de fibres respirables varie suivant les observations de terrain de 20 à 80 %.

	Intensité 1	Intensité 2	Intensité 3	Intensité 4
Echelle quantitative (f.cm⁻³)	<0,1	0,1 à 1	1 à 3	≥3
Ambiance/Tâches	Manutention de produits FCR sans opérations d'usinage. Présence de FCR dans l'appareillage utilisé (non confiné hermétiquement) ou réparé (électroménager notamment).	Pose ou intervention sur matériaux neufs et/ou compacts. Ambiance.	Pose ou intervention sur matériaux anciens et/ou friables.	Retrait de matériaux friables, flocages... Nombreuses opérations d'usinage...

6.4.3 La fréquence

Elle donne une indication du temps moyen que l'opérateur passe à effectuer ces tâches exposantes sur l'ensemble de son temps de travail. Cette fréquence est découpée en quatre classes :

	1. Occasionnelle	2. Intermittente	3. Fréquente	4. Permanente
% global	<5	5 à 30	3 à 70	>70
Jour	<30 min	30 à 120 min	2 à 6 heures	>6 heures
Semaine	<2 heures	2 à 8 heures	1 à 3 jours	>3 jours
Mois	<1 jour	1 à 6 jours	6 à 15 jours	>15 jours
Année	<15 jours	15 jours à 2 mois	2 à 5 mois	>5 mois

6.5 NOMENCLATURES UTILISEES

Les évaluations de l'exposition aux LM ont été réalisées pour des couples de professions et d'activités codés suivant la nomenclature française (PCS 1994 [3] pour les professions et NAF 2000 [2] pour les activités) et la nomenclature internationale (CITP 1968) [1] pour les professions.

Deux matrices sont donc disponibles :

- la matrice CITP 1968 x NAF 2000 ;
- la matrice PCS 1994 x NAF 2000.

La matrice a été élaborée en premier lieu dans une version CITP 1968 x NAF 2000 car elle intègre les intitulés de professions et de secteurs les plus précis et permet ainsi une évaluation de l'exposition la plus fine. La version PCS 1994 x NAF 2000 a ensuite été élaborée par déclinaison de cette première version.

Passage de la version CITP 1968 x NAF 2000 à la version PCS 1994 x NAF 2000

1. Les codes professions PCS concernés par l'exposition ont été recherchés à partir de la nomenclature. En complément, les codes CITP de la matrice version CITP x NAF ont été transcodés en PCS.

2. Les croisements avec les codes NAF ont été réalisés en tenant compte de ceux de la version CITP x NAF et, pour chacun des emplois PCS x NAF ainsi créé, il a été défini de quel emploi CITP x NAF il devait être rapproché.

3. Compte tenu des différences de précisions entre les deux nomenclatures des professions (PCS et CITP), les indices d'exposition évalués dans la version CITP x NAF ont été revus et ajustés pour les appliquer à la version PCS x NAF, et notamment la probabilité d'exposition.

6.6 PARTICULARITES DE LA MATRICE

Seuls les couples de professions et secteurs d'activité considérés exposés à la substance sont indiqués dans la matrice.

Il n'existe pas de code profession (CITP ou PCS) ou secteur (NAF) qui soit spécifique à l'activité de production de FCR. Les ouvriers de la production ne sont donc repérables dans aucune des deux versions de la matrice.

Comme expliqué dans le paragraphe 6.4, les indices d'exposition (probabilité et intensité notamment) sont sensiblement différents de ceux utilisés dans la matrice LM, afin de mieux prendre en compte la moindre utilisation des FCR, et donc de tenir compte d'expositions moins fréquentes que pour les LM.

Les périodes d'exposition retenues sont essentiellement expliquées par les dates recensées dans le rapport de l'Anses (Afsset) [5] pour le début d'utilisation des FCR, puis le début de la substitution, par les laines AES notamment. Ce sont les secteurs d'activités plus que les professions qui conditionnent ces dates.

Références bibliographiques

- [1] Classification internationale type des professions. Edition révisée ed. 1968, Genève : Bureau International du Travail. 415 p.
- [2] Nomenclatures d'activités et de produits françaises NAF-CPF. 1999, Paris : Insee. 741 p.
- [3] Nomenclature des professions et catégories socioprofessionnelles PCS. Seconde éd. 1994 : Insee. 417 p.
- [4] Inserm. Effets sur la santé des fibres de substitution à l'amiante. Expertise collective 1999.
- [5] Afsset. Les fibres minérales artificielles siliceuses : les fibres céramiques réfractaires et les fibres de verre à usage spécial, évaluation de l'exposition de la population générale et des travailleurs ; Rapport Janvier 2007.
- [6] Afsset. Les fibres minérales artificielles siliceuses : les laines minérales et les filaments continus de verre, évaluation de l'exposition de la population générale et des travailleurs ; Rapport Juillet 2008.
- [7] Cherrie J, Dodgson J. Past exposures to airborne fibers and other potential risk factors in the European man-made mineral fiber production industry. *Scand J Work Environ Health*. 1986; 12 Suppl 1:26-33.
- [8] <http://www.rockwool.fr>
- [9] Note Q de la directive 97/69/ transposée en droit français par l'arrêté du 28 août 1998 (JO n° 209 du 10 septembre 1998 page 13800).
- [10] Cherrie J, Dodgson J, Groat S and Maclaren W. Environmental surveys in the European man-made mineral fiber production industry. *Scand J Work Environ Health*. 1986; 12 Suppl 1:18-25. Erratum in: *Scand J Work Environ Health*. 1987 Apr;13(2):192.
- [11] <http://etudes.isped.u-bordeaux2.fr/evalutil003/>
- [12] Breyse PN. Electron microscopic analysis of airborne asbestos fibers. *Crit. Rev. Anal. Chem*. 1991; 22:201-227
- [13] Verma DK, Clark NE. Relationships between Phase Contrast Microscopy and Transmission Electron Microscopy results of samples from occupational exposure to airborne chrysotile asbestos. *Am Ind Hyg Assoc J*. 1995; 56: 866-73.
- [14] World Health Organisation. Determination of airborne fibre number concentrations. A recommended method, by phase-contrast optical microscopy (membrane filter method). WHO Ed. 1997; Geneva.
- [15] Rood AP. Size distribution of airborne ceramic fibres as determined by transmission electron microscopy. *Ann occup Hyg*. 1988; 32(2):237-240.

[Nota Bene] L'ensemble des références des articles scientifiques ou rapports techniques rapportant des métrologies en milieu du travail (laines minérales et FCR), utilisés comme base de réflexion pour l'identification et la quantification des expositions professionnelles, est disponible sur la base Ev@lutil [11].

Sites Internet consultés (au 1^{er} janvier 2012) :

<http://etudes.isped.u-bordeaux2.fr/ev@lutil003/>

<http://www.rockwool.fr>

<http://www.filmm.org>

<http://www.eurima.org>

<http://www.isover.fr>

<http://www.ecfia.eu>

Éléments techniques sur l'exposition professionnelle aux fibres minérales artificielles

Matrices emplois-expositions aux fibres minérales artificielles :

- laines minérales
- fibres céramiques réfractaires

Ce guide a pour but de présenter les matrices emplois-expositions spécifiques des fibres minérales artificielles développées par le Département santé travail (DST) de l'Institut de veille sanitaire (InVS) et l'Essat (Équipe associée en santé travail ; InVS-DST/Isped-LSTE ; Bordeaux), et de donner des éléments techniques sur l'exposition professionnelle à ces produits en France de 1945 à 2007 (laines minérales) et de 1960 à 2007 (fibres céramiques réfractaires-FCR). Les matrices emplois-expositions fournissent, pour l'ensemble des emplois considérés comme exposés en France, une probabilité, une fréquence et une intensité d'exposition pour les laines minérales (définies ici par les laines de verre, de roche et de laitier) et pour les FCR.

Ces matrices relatives aux laines minérales et aux fibres céramiques réfractaires, accompagnées chacune d'un document synthétique de présentation, sont consultables sur le site Internet de l'InVS (<http://www.invs.sante.fr>).

Mots clés : matrice emplois-expositions, fibres minérales, laines minérales, FCR, exposition professionnelle, réglementation

Technical data on occupational exposure to Man made mineral fibers

Job-exposure matrices for man made mineral fibers (MMMMF)

- mineral wools (glass wool, rock wool, slag wool)
- refractory ceramic fibers (RCF)

The aim of this guide is to present specific job-exposure matrices for man made mineral fibers that were developed by the Occupational Health department at the French Institute for Public Health Surveillance (Institut de veille sanitaire, InVS) and Essat (Équipe associée en santé travail; InVS-DST/Isped-LSTE; Bordeaux). The guide provides technical data on occupational exposure to those products in France from 1945 to 2007 (mineral wool) and from 1960 to 2007 (RCF). For any job assessed as exposed in France, the job-exposure matrices provide the probability, frequency and exposure intensity for mineral wools (glass wool, rock wool, slag wool) and RCF.

The matrices related to mineral wool and to refractory ceramic fibers, together with their presentation booklet, are available for consultation on the InVS website (<http://www.invs.sante.fr>).

Citation suggérée :

Ducamp S et le groupe de travail Matgéné. Éléments techniques sur l'exposition professionnelle aux fibres minérales artificielles – Matrices emplois-expositions aux fibres minérales artificielles : laines minérales, fibres céramiques réfractaires. Saint-Maurice : Institut de veille sanitaire; 2012. 18 p. Disponible à partir de l'URL : <http://www.invs.sante.fr>