

ÉDITION  
2014  
5<sup>ÈME</sup> ÉDITION

# LIVRE BLANC : LAINES MINÉRALES ET SANTÉ

Laine de verre - Laine de roche - Laine de laitier



# SOMMAIRE

- SYNTHÈSE** ..... P. 5
- INTRODUCTION** ..... P. 7
- 1 - LAINES MINÉRALES MANUFACTURÉES** ..... P. 9
  - 1-1 Historique ..... P. 9
  - 1-2 Applications ..... P. 9
    - 1-2-1 Dans le domaine de l’habitat ..... P. 9
    - 1-2-2 Dans le domaine de l’industrie, des bâtiments industriels et commerciaux
  - 1-3 Les performances ..... P. 10
    - 1-3-1 Le confort thermique
    - 1-3-2 Le confort acoustique
    - 1-3-3 La sécurité incendie
    - 1-3-4 La préservation de l’environnement et contribution au développement durable
    - 1-3-5 Ces performances sont soumises à de nombreux contrôles
  - 1-4 Procédés de fabrication ..... P. 12
    - 1-4-1 Procédé de fabrication de la laine de verre
    - 1-4-2 Procédé de fabrication de la laine de roche et de la laine de laitier
    - 1-4-3 Liant
  - 1-5 Composition physico-chimique ..... P. 14
    - 1-5-1 Composition chimique
    - 1-5-2 Diamètre des fibres
- 2 - FIBRES CONSTITUANT LES LAINES MINÉRALES ET LA SANTÉ** ..... P. 15
  - 2-1 Ne pas confondre ..... P. 16
  - 2-2 Classements, réglementations et recommandations ..... P. 16
    - 2-2-1 Classement européen
    - 2-2-2 Centre International de Recherche sur le Cancer
    - 2-2-3 Autres classements
      - 2-2-3-1 France
      - 2-2-3-2 Allemagne
      - 2-2-3-3 États-Unis
    - 2-2-4 Recommandations
  - 2-3 Les moyens d’évaluation des effets sur la santé ..... P. 19
    - 2-3-1 Études épidémiologiques
    - 2-3-2 Études animales
      - 2-3-2-1 Études animales à long terme (2 à 3 ans)
      - 2-3-2-2 Études animales à court terme (quelques jours)
    - 2-3-3 Études *in vitro*
  - 2-4 Résultats des études ..... P. 25
    - 2-4-1 Études épidémiologiques

2-4-2 Études animales	
2-4-2-1 Études animales à long terme	
2-4-2-1-1 Études des effets à long terme après inhalation	
2-4-2-1-2 Études des effets à long terme après injection intratrachéale	
2-4-2-1-3 Études des effets à long terme après injection intraséreuse	
2-4-2-2 Études animales à court terme – Études de biopersistance	
2-4-2-3 Conclusion sur les études animales	
2-4-3 Études <i>in vitro</i>	
2-4-4 Conclusion des études	
2-5 Identification du danger et analyse du risque .....	P. 35
2-6 Niveaux d'exposition .....	P. 36
2-6-1 Sites de production	
2-6-2 Chantiers	
<b>3 - QUALITÉ DE L'AIR</b> .....	<b>P. 38</b>
3-1 Les polluants prioritaires selon l'OQAI .....	<b>P. 38</b>
3-2 Les fibres .....	<b>P. 39</b>
3-3 Les composés organiques volatils (COV) .....	<b>P. 40</b>
3-3-1 Information sur les produits	
3-3-2 Études sur la qualité de l'air intérieur	
<b>CONCLUSION</b> .....	<b>P. 45</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	<b>P. 47</b>
<b>ANNEXES</b> .....	<b>P. 103</b>
ANNEXE 1 - Exemples de compositions chimiques de laines minérales fabriquées par divers producteurs .....	<b>P. 104</b>
ANNEXE 2 - Communiqué CIRC – Octobre 2001 .....	<b>P. 105</b>
ANNEXE 3 - Avis du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France .....	<b>P. 106</b>
ANNEXE 4 - Conclusions du rapport du G2SAT « Les fibres minérales artificielles et l'amiante » .....	<b>P. 109</b>
ANNEXE 5 - Synthèse du rapport d'expertise de l'INSERM « Effets sur la santé des fibres de substitution à l'amiante » .....	<b>P. 111</b>
ANNEXE 6 - Avis de l'AFSSET sur l'évaluation de l'exposition de la population générale et des travailleurs .....	<b>P. 114</b>
ANNEXE 7 - Les engagements d'EURIMA .....	<b>P. 122</b>
ANNEXE 8 - Test de mutagenèse <i>in vivo</i> .....	<b>P. 127</b>
ANNEXE 9 - Principales valeurs d'exposition professionnelles pour les fibres constituant les laines minérales .....	<b>P. 132</b>
<b>GLOSSAIRE</b> .....	<b>P. 134</b>
<b>ORGANISMES</b> .....	<b>P. 141</b>



# SYNTHÈSE

Les laines minérales (laine de verre, laine de roche et laine de laitier) sont abondamment utilisées, depuis plus de 60 ans, pour assurer l'isolation thermique et acoustique des bâtiments et la protection incendie. Elles permettent de répondre aux objectifs des Pouvoirs Publics (Grenelle de l'Environnement, Conférence environnementale), et notamment aux dernières réglementations thermiques dans le neuf (RT 2012) comme dans l'existant, ainsi qu'aux labels énergétiques les plus exigeants pour les bâtiments. Leur production maîtrisée, des matières premières aux produits finis, fait appel à des technologies en constante évolution. Elles participent au confort, à la sécurité des personnes et à la protection de leur environnement.

Les scientifiques s'interrogent depuis les années 70 sur « l'effet fibre ». Les producteurs, professionnels et utilisateurs de laine minérale se sont alors impliqués dans les études relatives aux produits vis-à-vis des risques éventuels pour la santé.

De très nombreuses recherches conduites par les spécialistes les plus renommés ont permis d'acquérir une somme de connaissances très utiles et plus complètes que pour nombre d'autres produits. L'ensemble des moyens d'investigation disponibles a été utilisé : études épidémiologiques, recherches en laboratoire, expérimentations animales...

Les résultats les plus récents des études épidémiologiques sur près de 50 000 personnes parmi les plus exposées confirment l'absence de lien entre maladies respiratoires et exposition aux fibres constituant les laines minérales.

Les résultats des expérimentations animales ont mis en évidence l'importance des facteurs de biopersistance et de caractéristiques dimensionnelles des fibres.

L'ensemble des publications sur ces études est répertorié dans la bibliographie en annexe.

Ces éléments ont servi de base à la directive européenne 97/69/CE qui définit les modalités de classement des FMA (Fibres Minérales Artificielles) dont les laines minérales qui sont une partie de cette famille. L'intégralité de cette directive européenne a été transposée en droit français par l'arrêté du 28 août 1998 (JO du 10 septembre 1998), permettant ainsi aux producteurs de positionner leurs produits. Cette directive a été remplacée par le Règlement (CE) n° 1272/2008 (JO, 2008) et prévoit notamment les conditions précises d'exonération de classement cancérigène.

Ils ont également servi aux experts réunis par le Centre International de Recherche sur le Cancer, CIRC, en 2001 pour faire évoluer favorablement le classement des laines minérales de « cancérigène possible » à « ne peut être classé comme cancérigène pour l'homme » (IARC, 2002).

Les laines minérales produites par les industriels membres du FILMM ne sont pas classées pour avoir passé avec succès l'ensemble des tests précisés dans ce règlement. Cette exonération est certifiée par l'EUCB ([www.euceb.org](http://www.euceb.org)). Elles ne sont pas classées irritantes (Directive 2009/2/CE du 15 janvier 2009).

**Les laines minérales ont été très largement étudiées et ne sont pas classées parmi les substances dangereuses.**

Les industriels améliorent continuellement les performances de leurs produits.

Le FILMM n'autorise l'extraction de contenu que si ledit contenu n'est pas modifié et n'est pas détaché de son contexte. La mention « Source FILMM » devra apparaître obligatoirement.



# INTRODUCTION

Ce livre blanc est destiné à tous ceux qui souhaitent s'informer précisément sur les risques éventuels pour la santé des **laines minérales\*** (**laine de verre\***, **laine de roche\*** et **laine de laitier\***)<sup>1</sup>.

Depuis les années 1970, plus de 1 000 publications de recherches approfondies sur les effets possibles des laines minérales sur la santé ont été menées au plan national et international. L'industrie, naturellement concernée par les effets éventuels de ses produits sur la santé de ses employés, de ses clients et du public en général, a consacré des moyens financiers importants à ces recherches.

Peu de documents de synthèse en français existent sur l'ensemble de ces études. Aussi, le syndicat national des Fabricants d'Isolants en Laines Minérales Manufacturées (FILMM)<sup>2</sup> a décidé de rédiger ce livre blanc (5<sup>ème</sup> édition) dont le but est de présenter le sujet de façon aussi claire et documentée que possible, afin de permettre à chaque lecteur d'approfondir ses connaissances<sup>3</sup>.

Il est constitué de 3 chapitres traitant respectivement :

- des informations générales sur les laines minérales : historique, applications, performances, procédés de fabrication et caractéristiques physico-chimiques,
- des précisions sur les moyens de recherche utilisés et les résultats des principales études relatives aux **fibres\*** constituant les laines minérales et la santé, et des dispositions réglementaires en matière de classifications et de **valeurs limites\*** d'exposition ainsi que des recommandations des producteurs,
- de la qualité de l'air.

Les lecteurs pourront prendre connaissance des opinions des experts internationaux les plus reconnus et former leur propre jugement à la lecture des textes qu'ils pourront identifier grâce à l'importante bibliographie proposée à la fin de ce document.

Les annexes reproduisent les principaux textes officiels français et européens.

Enfin, un glossaire permet de trouver une définition des principaux termes techniques utilisés par les spécialistes (ils sont repérés par des astérisques\*).

Les coordonnées des principaux organismes sont également jointes.

---

<sup>1</sup> Réf. PR EN ISO 9229

- Laine minérale : matériau isolant de consistance laineuse obtenu par fusion à partir de roche, laitier ou verre,  
- Laine de verre : laine minérale manufacturée à partir de verre fondu,  
- Laine de roche : laine minérale fabriquée essentiellement à partir de roches ignées fondues, d'origine naturelle,  
- Laine de laitier : laine minérale produite à partir de laitier de haut fourneau fondu.

<sup>2</sup> Les membres du FILMM sont : ECOPHON, EUROCOUSTIC, ISOVER, FLUMISOL, KNAUF INSULATION, ROCKWOOL et URSA FRANCE ([www.filmm.org](http://www.filmm.org)).

<sup>3</sup> Les informations figurant dans cet ouvrage sont celles dont nous avons connaissance au moment de sa publication.



# 1 - LAINES MINÉRALES MANUFACTURÉES

## 1-1 Historique

C'est à partir de certaines éruptions volcaniques des îles du Pacifique Sud, donnant lieu à des dépôts de « flocons » de roche sur le sol et les arbres, que les habitants de ces îles eurent l'idée de s'en servir pour protéger leurs maisons. Plus près de nous, dès la plus haute antiquité, Phéniciens et Égyptiens savaient obtenir des fils de verre en plongeant une baguette métallique dans un creuset contenant du verre en fusion et en la retirant rapidement.

La première communication officielle sur la fibre de verre date du XVIII<sup>ème</sup> siècle. L'auteur en est le physicien et naturaliste français Antoine de Réaumur (1713). Plus tard, aux environs de 1880, apparurent les premières fibres industrielles réalisées à partir d'une matière minérale, des scories de haut fourneau.

Jusqu'au début du XX<sup>ème</sup> siècle, la fibre de verre demeura cependant une curiosité. Puis, en quelques années, les précurseurs de l'industrie de l'isolation, parvinrent à simuler industriellement l'éruption volcanique et à liquéfier la roche pour lui conférer les propriétés isolantes de la laine. D'autres, à partir de l'écoulement d'un filet de verre fondu sur un jet de vapeur, réussirent à obtenir un « coton de verre », origine probable de son utilisation comme isolant thermique.

Le développement accéléré des pays industrialisés a ensuite entraîné des besoins accrus de produits isolants.

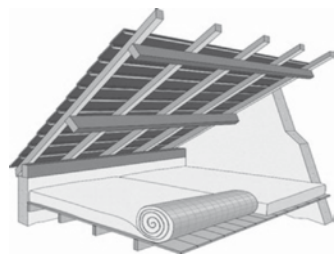
Aujourd'hui, les laines minérales apportent aux consommateurs des réponses performantes à leurs attentes d'économies d'énergie, de confort, de calme, de sécurité incendie et de protection de l'environnement.

## 1-2 Applications

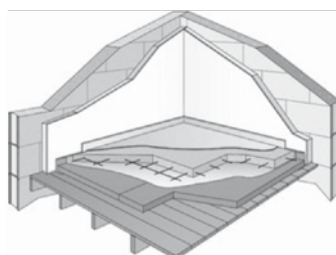
En neuf comme en rénovation, les propriétés thermique et acoustique des laines minérales en font un isolant de premier ordre qui couvre un vaste éventail d'applications. Les laines minérales de verre ou de roche sont donc très rarement en contact direct avec l'ambiance des locaux.

### 1-2-1 Dans le domaine de l'habitat

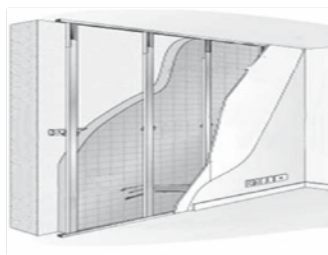
Isolation des combles, toitures, toitures terrasses, planchers, murs, cloisons, cheminées, calorifugeage des canalisations, plafonds suspendus...



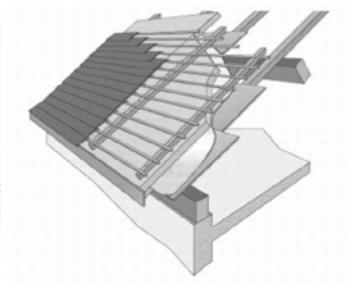
*Combles perdus ou aménagés*



*Sols et planchers, dalles flottantes, fond de coffrage et planchers chauffants*



*Murs, cloisons, équipements de chauffage et de climatisation*



*Toitures*

## **1-2-2 Dans le domaine de l'industrie, des bâtiments industriels et commerciaux**

Les laines minérales sont également utilisées pour le calorifuge des chaudières, de toutes canalisations ou conduits transportant des fluides (conduits de chauffage, ventilation), et des réservoirs dans les bâtiments industriels, sur les sites de fabrication, les plates-formes pétrolières... Elles peuvent servir de support pour la culture hors-sol. Elles sont largement intégrées dans les écrans routiers, ...

## **1-3 Les performances**

Les laines minérales offrent d'excellentes performances thermiques, acoustiques et de sécurité incendie, ainsi qu'une large gamme de systèmes d'isolation qui s'adapte à tous les types de bâtis.

### **1-3-1 Le confort thermique**

L'isolation des parois augmente le confort thermique en hiver en réduisant les effets de parois froides. Cela permet de ne pas augmenter la température intérieure pour palier à l'écart de température entre les parois et l'ambiance. En isolant, à confort égal, on diminue la température intérieure de consigne ce qui est source de réduction de consommation d'énergie et de pollution.

Elle contribue également à limiter les risques de condensation donc les risques de développement de moisissures. La laine minérale est imputrescible par nature et non hydrophile. Elle ne retient pas l'eau et en cas de mouillage accidentel, elle retrouve ses propriétés initiales après séchage. Munie d'un pare vapeur, elle évite tous les risques de condensation à l'intérieur des parois.

La laine minérale est reconnue comme performante car son pouvoir isolant est incontestable. Le processus de fabrication offre un large choix de résistances thermiques (conductivité thermique jusqu'à 0,030 W/m.K et une très large gamme d'épaisseurs). Elle permet donc de répondre largement aux exigences réglementaires les plus strictes.

La souplesse naturelle des produits et leurs dimensions permettent des mises en œuvre aisées, des découpes ajustées qui garantissent la performance thermique de la paroi réalisée par un calfeutrage parfait.

### **1-3-2 Le confort acoustique**

La laine minérale est le seul isolant thermique qui, par sa structure intrinsèque, absorbe naturellement les bruits aériens et les bruits d'impact. Elle est particulièrement adaptée pour le traitement de correction acoustique des ambiances.

Grâce à ses matières premières constitutives, les exigences acoustiques et de sécurité incendie sont conjointement respectées.

La laine minérale a un excellent pouvoir d'absorption acoustique dans des épaisseurs faibles, ce qui en fait un produit tout à fait performant. Son coefficient d'absorption pondéré  $a_w$  est égal ou supérieur à 0,8.

### **1-3-3 La sécurité incendie**

De par la nature des constituants (roche, silice), les laines minérales font partie des produits assurant une forte contribution à la protection passive contre l'incendie des parois : elles ne contribuent pas à l'incendie, ne propagent pas les flammes et dégagent très peu de fumées. Les laines minérales sans revêtement sont généralement classées A1.

Associées au parement ou au support adapté, les laines minérales permettent d'atteindre les plus hautes performances de résistance au feu des éléments de construction dans les bâtiments (jusqu'à six heures).

### 1-3-4 La préservation de l'environnement et contribution au développement durable

Les laines minérales réduisent considérablement les besoins d'énergie des bâtiments. Elles permettent d'économiser beaucoup plus d'énergie qu'elles n'en nécessitent pour leur fabrication, transport et élimination.

Elles permettent donc par conséquent une réduction sensible des émissions de CO<sub>2</sub>, gaz à effet de serre.

Les industriels du FILMM font évoluer en permanence leurs procédés de fabrication pour diminuer la consommation d'énergie, les rejets liquides, solides et gazeux sur leurs sites de production.

De plus, les laines minérales manufacturées sont fabriquées à partir de matières premières naturelles et abondantes (roche volcanique, sable et minéraux) et de produits recyclés (calcin, chutes de production).

#### Aspects environnementaux :

- Les produits fabriqués comprennent une large part de matières premières recyclées comme le calcin (issu du verre).
- Les rebuts de production sont recyclés en interne par le biais d'une installation intégrée aux sites afin d'abaisser très sensiblement les déchets issus de la fabrication.
- L'information relative à ce sujet, en vue de l'évaluation environnementale des bâtiments, est diffusée conformément à la norme NF P 01 010, sur la base d'inventaires et d'analyses de cycle vie vérifiés par un tiers extérieur indépendant. Les fiches de déclarations environnementales et sanitaires (FDES) sont disponibles sur la base INIES ([www.inies.fr](http://www.inies.fr)).

### 1-3-5 Ces performances sont soumises à de nombreux contrôles

Les laines minérales sont mises en œuvre selon les prescriptions des règles de l'art du bâtiment.

Elles sont marquées CE et respectent les normes européennes. Elles attestent de leur aptitude à l'emploi pour les différentes applications.

#### Mentions obligatoires pour le marquage CE :

- Résistance thermique R et lambda  $\lambda$  déclarés
- Dimensions
- Classe de réaction au feu « Euroclasse » pour les usages réglementés en matière de sécurité incendie

#### Mentions complémentaires selon les applications :

- Stabilité dimensionnelle
- Compression
- Résistance à la traction
- Résistance au passage de l'air
- Absorption d'eau...

#### Les certifications :

- Les produits mis sur le marché sont munis de l'étiquetage CE et sont certifiés par la certification ACERMI (Association pour la CERTification des Matériaux Isolants). Cette dernière garantit que toutes les caractéristiques déclarées par le fabricant sont conformes aux normes européennes et contrôlées par une tierce partie indépendante.
- Les caractéristiques d'aptitude comprennent des essais avec vieillissement accéléré du fait de l'inclusion des laines au gros œuvre (comportement mécanique, tenue à l'eau, tenue à la vapeur d'eau, fluage...).
- Ne peuvent être certifiés ACERMI que les produits qui peuvent apporter la preuve que la production est exonérée de classification selon le Règlement (CE) n° 1272/2008.
- Les produits en laines minérales des adhérents industriels du FILMM sont certifiés par l'EUropean CERtification Board (EUCEB - [www.euceb.org](http://www.euceb.org)) qui atteste de cette exonération de classification selon le Règlement (CE) n° 1272/2008.

- Les emballages des produits comportent les pictogrammes relatifs aux bonnes pratiques pour la mise en œuvre.

Tous ces atouts conjugués ont fait des laines minérales manufacturées, les isolants les plus utilisés dans le secteur du bâtiment en France, en Europe et dans le monde.

## 1-4 Procédés de fabrication

Les laines minérales sont constituées essentiellement de fibres minérales artificielles pour plus de 95% et d'un liant organique à hauteur de 2 à 5%.

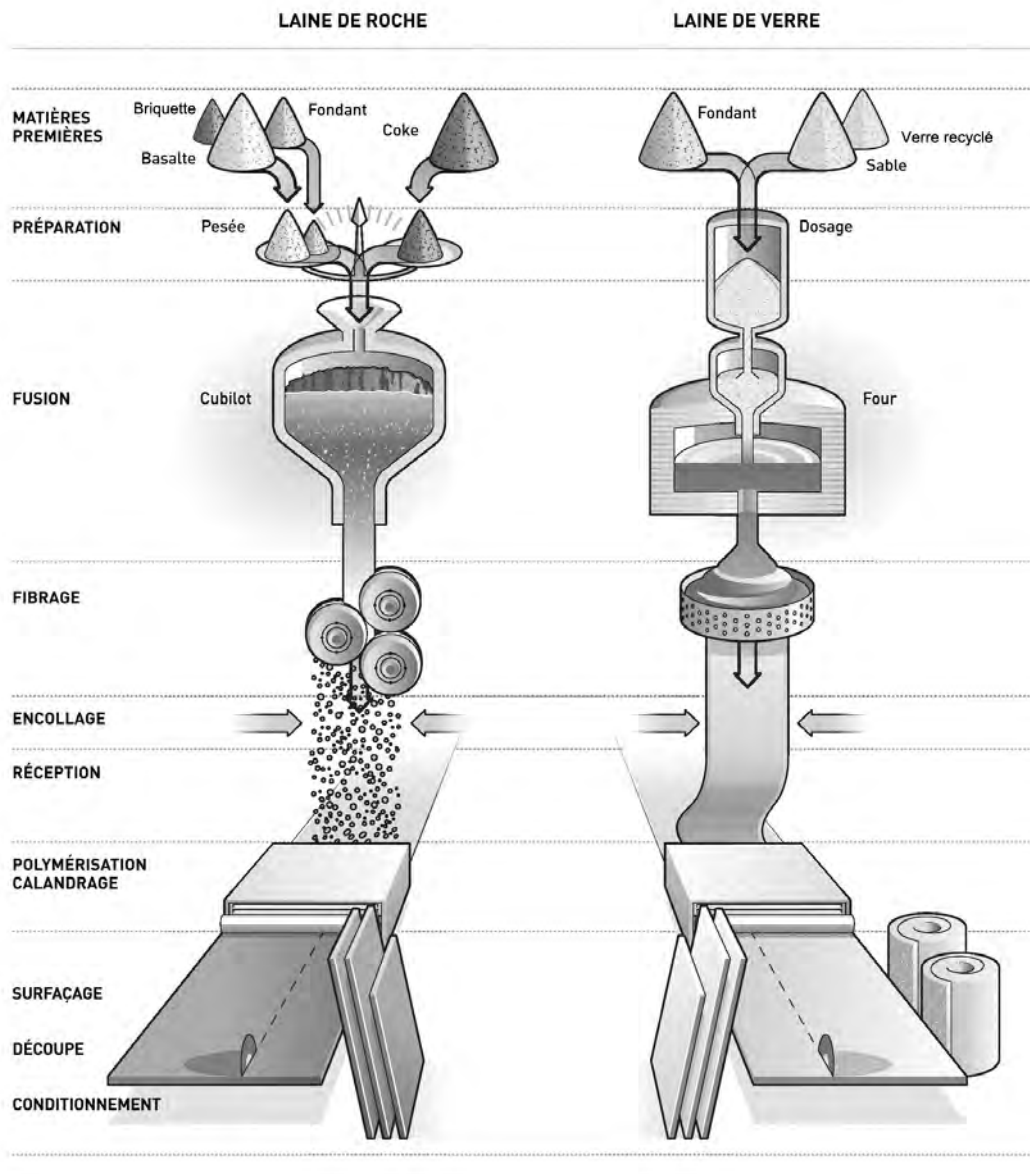


Figure 1 : Procédé de fabrication des produits en laines minérales manufacturées

### 1-4-1 Procédé de fabrication de la laine de verre

La laine de verre est élaborée à partir des principales matières premières suivantes :

- naturelles :
  - sable,
  - fondants (calcaire, dolomie...) qui permettent l'abaissement de la température de fusion du verre.



- issues du recyclage :
  - verre recyclé ou « calcin »,
  - rebuts de production.

L'élaboration de la composition exige des soins tout particuliers : contrôle physico-chimique et mélange parfaitement homogène. Cette composition est introduite dans un four verrier fonctionnant soit au gaz, soit à l'électricité.

En sortie du four, le verre en fusion s'écoule à une température d'environ 1 050°C pour alimenter les têtes de fibrage dans lesquelles s'effectue l'élaboration des fibres. Ces fibres résultent du passage du verre au travers des trous d'une couronne métallique, « assiette », animée d'un mouvement de rotation extrêmement rapide, un peu comme pour la fabrication de la « barbe-à-papa ». Après ce premier étirage horizontal par centrifugation, les fibres sont étirées verticalement sous l'action thermique et mécanique d'une couronne de brûleurs.

Différents facteurs permettent d'agir sur les dimensions des fibres obtenues :

- la composition, le débit et la viscosité du verre,
- la dimension de l'assiette, le nombre et le diamètre des trous,
- le régime des brûleurs.

Les fibres sont rapidement refroidies avec de l'air. Après pulvérisation d'un liant (encollage) (cf. partie 1.4.3), elles sont collectées par aspiration sur un tapis pour former un matelas de laine. Ce matelas traverse une étuve où un courant d'air chaud assure la polymérisation du liant et le rend stable. Pour certains produits, des revêtements sont collés ou cousus sur la laine de verre.

Les caractéristiques dimensionnelles et pondérales des produits finis sont ajustées au travers de réglages et découpes effectués sur la ligne. Les produits sont enfin conditionnés avant expédition.

## **1-4-2 Procédé de fabrication de la laine de roche et de la laine de laitier**

La laine de roche est élaborée à partir de roches basaltiques et la laine de laitier à partir de laitier de haut-fourneau (sous-produit de la sidérurgie).

La laine de roche est composée des principales matières premières suivantes :

- naturelles :
  - basalte, coke, chaux,
- issues du recyclage :
  - rebuts de production.

La laine de laitier est composée des principales matières premières suivantes :

- issues du recyclage :
  - laitier,
  - rebuts de production.

Chauffés dans un cubilot ou dans un four électrique à plus de 1 500°C, la roche ou le laitier s'écoulent à l'état liquide sur des roues en rotation rapide, « rotors », et sont transformés en fibres sous l'effet de la force centrifuge. Différents facteurs permettent d'agir sur la dimension des fibres obtenues :

- la composition, la température et la viscosité du mélange,
- la géométrie et la vitesse des rotors.

Les fibres sont refroidies par soufflage d'air. Après pulvérisation d'un liant (encollage) (cf. partie 1.4.3), elles sont collectées par aspiration sur un tapis pour former un matelas de laine. Ce matelas traverse une

étuve où un courant d'air chaud assure la polymérisation du liant et le rend stable. Pour certains produits, des revêtements sont collés ou cousus sur la laine de roche.

Les caractéristiques dimensionnelles et pondérales des produits finis sont ajustées au travers de réglages et découpes effectués sur la ligne. Les produits sont enfin conditionnés avant expédition.

### 1-4-3 Liant

Le liant utilisé pour la plupart des produits d'isolation en laine minérale est à base d'une résine thermodurcissable :

- terpolymère phénol-urée-formaldéhyde polycondensé,
- amidon végétal,
- acrylique aqueuse fortement diluée,
- résine et adjuvants (huile minérale, huile de silicone,...) pour donner aux produits leurs propriétés mécaniques et physiques.

Sa teneur est généralement comprise entre 2 et 5 % en masse. Elle peut être nulle ou aller jusqu'à 10% pour des applications particulières.

Il est polymérisé sur la ligne de production à environ 250°C et est donc parfaitement stabilisé.

Plus de détails sur la fonction de chaque constituant du liant peuvent être trouvés dans le document européen définissant les meilleures techniques disponibles (Best Available Techniques)<sup>4</sup>.

## 1-5 Composition physico-chimique

### 1-5-1 Composition chimique

Les caractéristiques actuelles de ces fibres (ci-dessous) sont contrôlées et certifiées (voir EUCB partie 2.2.1) lors de la fabrication. Elles sont stables pendant toute la durée de vie du matériau.

Composition chimique (% en poids)		Fibres constituant les laines minérales		
		verre	roche	laitier
Silice vitreuse	(exprimé en SiO <sub>2</sub> )	63 à 67	33 à 43	37 à 42
Alumine	(exprimé en Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	1 à 4	16 à 24	17 à 20
Oxydes de fer	(exprimé en Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0 à 1	3 à 9	1 à 2
Oxyde de calcium	(exprimé en CaO)	9 à 12	23 à 33	37 à 39
Oxyde de magnésium	(exprimé en MgO)			
Oxyde de sodium	(exprimé en Na <sub>2</sub> O)	15 à 19	1 à 10	0 à 2
Oxyde de potassium	(exprimé en K <sub>2</sub> O)			
Oxyde de bore	(exprimé en B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	2 à 6	0	0

Tableau 1 : Compositions chimiques actuelles des fibres constituant les laines minérales

Vous trouverez en [Annexe 1](#) quelques exemples de compositions fabriquées par divers producteurs.

### 1-5-2 Diamètre des fibres\*

Les procédés de fibrage en régime turbulent des laines minérales génèrent des fibres d'un diamètre moyen de 3 à 5 **micromètres (µm)**\*. Leur diamètre géométrique moyen pondéré par la longueur, moins deux erreurs types, est inférieur à 6 µm (Note R du Règlement (CE) n° 1272/2008).

<sup>4</sup> Best Available Techniques (BAT). Reference Document for the Manufacture of Glass. Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control). 2012.

# 2 - FIBRES CONSTITUANT LES LAINES MINÉRALES ET LA SANTÉ

Il existe plusieurs familles de **fibres\*** : naturelles ou artificielles, organiques ou minérales (cf. Figure 2). Elles sont utilisées dans de très nombreux domaines.

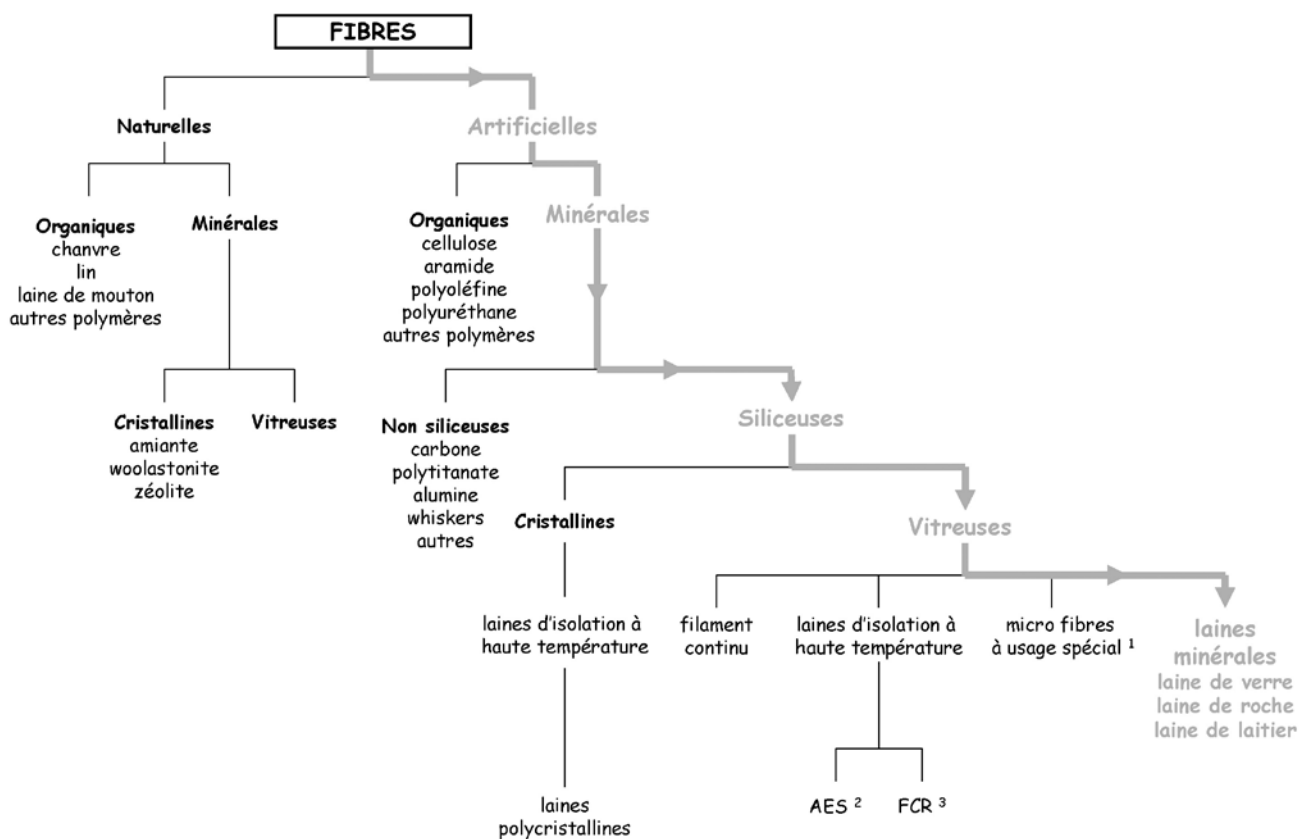
À partir des recherches sur les mécanismes d'action des fibres d'**amiante\*** sur la santé, Stanton (Stanton, 1972)<sup>5</sup> a mis en évidence l'influence du facteur « forme fibreuse ». Les médecins se sont alors posés la question de l'effet éventuel des autres fibres.

Les fibres constituant les laines minérales représentent la sous-famille la plus largement utilisée et la plus étudiée à ce jour.

De nombreuses recherches ont été conduites sur les éventuels effets sur la santé des **fibres minérales artificielles (FMA)\*** en général et des fibres constituant les laines minérales en particulier. Elles ont pour objet d'approfondir les connaissances et de démontrer l'innocuité d'une substance bien que la démonstration du risque nul soit scientifiquement impossible.

L'industrie des laines minérales s'est fortement impliquée dans beaucoup de ces études. A ce jour, plus de 1 000 ont été publiées (cf. bibliographie). Ces études épidémiologiques, animales et **in vitro\*** ont été dirigées par des experts reconnus au sein des organismes internationaux et laboratoires les plus renommés.

Les études des impacts sur la santé des autres sous-familles ne sont qu'à un stade exploratoire.



<sup>1</sup> filtration, aéronautique

<sup>2</sup> laines de silicate alcalino-terreux (Alcalino Earth Silicate)

<sup>3</sup> fibres céramiques réfractaires (laines de silicate d'aluminium)

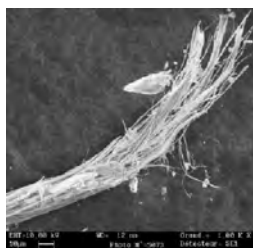
Figure 2 : Les différentes familles de fibres

<sup>5</sup> Les références bibliographiques utilisées dans le texte figurent dans la bibliographie. Elles sont classées par ordre alphabétique.

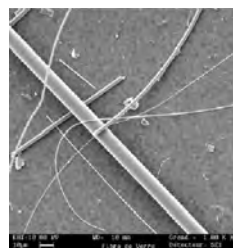
## 2-1 Ne pas confondre

Un amalgame a pu être fait entre les fibres de laines minérales et les fibres d'amiante. Mais comme on peut le voir sur la figure 2 ci-dessus, leur forme fibreuse est la seule chose qu'elles ont en commun.

L'amiante est une fibre naturelle à structure cristalline d'un diamètre inférieur à 1,5 µm. Les fibres de laines minérales sont des fibres manufacturées à structure vitreuse d'un diamètre compris entre 3 et 5 µm. Comme les fibres sont considérées comme respirables dès lors que le diamètre est inférieur à 3 µm, voici une première différence entre les deux types de fibres. La seconde différence provient du fait que la fibre d'amiante se casse dans la longueur générant des fibres encore plus fines contrairement aux fibres de laines minérales qui se cassent en fibres plus courtes.



Fibre d'amiante



Fibre de verre

Leurs compositions chimiques sont aussi très distinctes. Les fibres de laines minérales ont ainsi une **biopersistance\*** inférieure à 10 jours quand celles des fibres d'amiante est supérieure à 500 jours (chez le rat). Les fibres de laines minérales sont donc éliminées très rapidement par l'organisme alors que les fibres d'amiante restent dans l'appareil respiratoire.

## 2-2 Classements, réglementations et recommandations

### 2-2-1 Classement européen

Les fibres constituant les laines minérales sont exonérées du classement cancérigène d'après le Règlement sur le classement et l'étiquetage des substances et mélanges, le Règlement (CE) n° 1272/2008, et sa première mise à jour, le Règlement (CE) n° 790/2009. Elles ont en effet passé avec succès les tests prévus par ce Règlement : leur biopersistance est inférieure aux valeurs définies dans la note « Q » de ce texte. Cette exonération est certifiée par l'EUCEB ([www.euceb.org](http://www.euceb.org)).

L'EUCEB certifie que les fibres sont en conformité avec la note « Q » du Règlement (CE) n° 1272/2008. L'EUCEB garantit que les tests d'exonération ont été exécutés dans le respect des protocoles européens, que les industriels ont mis en place des procédures de contrôle lors de la fabrication des produits, et que des tierces parties contrôlent et valident les résultats.

L'engagement des industriels vis-à-vis d'EUCEB consiste à :

- Fournir un rapport d'essai établi par un des laboratoires reconnus par l'EUCEB, prouvant que les fibres satisfont à une des quatre conditions d'exonération prévues dans la note « Q » du Règlement (CE) n° 1272/2008,
- Se soumettre, deux fois par an, au contrôle de sa production par une tierce partie indépendante reconnue par EUCEB (prélèvements d'échantillons et conformité à l'analyse chimique initiale),
- Mettre en place les procédures de contrôle interne dans chaque usine.

Les produits répondant à cette certification sont reconnaissables grâce au logo EUCEB apposé sur les emballages :



### Irritation mécanique des fibres constituant les laines minérales

Les fibres de laines minérales ne sont plus classées R38 pour l'irritation pour la peau depuis janvier 2009 (Directive 2009/2/CE) et n'ont donc plus aucun classement irritant.

Les grosses fibres constituant les laines minérales (celles dont le diamètre est supérieur à environ 5 µm) peuvent, comme tout corps étranger, causer des démangeaisons de la peau, de l'œil ou du système respiratoire supérieur. Ces démangeaisons sont des réactions mécaniques et non chimiques.

La manipulation des produits en laine d'isolation, comme toute autre poussière, peut augmenter des problèmes de peau ou respiratoires existants.

Depuis plus de 10 ans, les industriels du FILMM mettent sur les emballages de leurs produits en laine minérale, des pictogrammes (cf partie 2.2.4) qui illustrent les recommandations de bonne mise en œuvre et de manipulation permettant d'éviter la gêne liée à cette irritation mécanique.

## 2-2-2 Centre International de Recherche sur le Cancer

Le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) dépend de l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé). Il a fait évoluer favorablement en 2001 le classement des fibres constituant les laines minérales de verre, de roche et de laitier du groupe 2B « peut être cancérigène pour l'homme » au groupe 3 « ne peut être classé quant à sa cancérigénicité pour l'homme ». ([Annexe 2](#))

## 2-2-3 Autres classements

### 2-2-3-1 France

Comme indiqué au point 2.2.1, les sites de production des industriels membres du FILMM sont tous sous certification EUCEB ([www.euceb.org](http://www.euceb.org)).

Les produits mis sur le marché sont munis de l'étiquetage CE et lorsqu'ils sont certifiés par l'ACERMI, cette dernière garantit que toutes les caractéristiques déclarées par le fabricant sont conformes aux normes européennes et contrôlées par une tierce partie indépendante. Ne peuvent être certifiés ACERMI que les produits qui peuvent apporter la preuve que la production est exonérée de classification selon le Règlement (CE) n° 1272/2008.

En 1993, le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France a donné un avis « relatif à l'utilisation des laines minérales dans les habitations » ([Annexe 3](#)).

Dans cet avis, le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France considère :

- « que, compte tenu du niveau très faible d'exposition résultant d'opérations ponctuelles de pose par les particuliers eux-mêmes ou de leur séjour dans les habitations ainsi traitées, le risque de pathologie pulmonaire maligne ou non maligne (**fibrose\*** incluse) est négligeable,
- qu'un risque d'irritation réversible de la peau, des yeux et des voies aériennes supérieures existe lors des opérations de manipulation et de pose de ces produits ainsi que lors de travaux ultérieurs conduisant à une dégradation même partielle de ceux-ci. »

En juillet 1996, le Groupe Scientifique de Surveillance des Atmosphères de Travail (G2SAT) publie un rapport sur « les fibres minérales artificielles et l'amiante » (G2SAT, 1996). Les conclusions de ce rapport sont reprises en [Annexe 4](#).

En 1998, à la demande de la Direction Générale de la Santé et de la Direction des Relations du travail, l'INSERM a réalisé une expertise collective consacrée aux effets sur la santé des fibres de substitution à l'amiante ([Annexe 5](#)).

En octobre 2008, l'AFSSET (Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail ; maintenant ANSES, Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail) a publié un avis et un rapport d'expertise collective sur l'évaluation de l'exposition de la population générale et des travailleurs ([Annexe 6](#)).

### 2-2-3-2 Allemagne

Sur la base d'un avis émis par le groupe d'experts allemands, le Ministère du Travail a publié en 1994, un règlement (TRGS 905) et l'a révisé en 1996. Celui-ci considère les fibres constituant les laines minérales comme « cancérogène probable pour l'homme » et fixe par voie de conséquence des exigences de substitution et de contrôle d'exposition. Ceci sur la base des risques identifiés lors d'expériences animales ayant eu recours à l'injection ou l'implantation intrapéritonéale.

Le TRGS 905 permet l'exonération de toute classification pour certaines fibres minérales manufacturées, ce qui est le cas de toutes celles mises sur le marché en Allemagne contrôlées par l'organisme de certification national, le RAL.

Depuis le 1<sup>er</sup> juillet 1998, une loi est entrée en vigueur qui régit l'application des produits en laines minérales qui sont susceptibles d'émettre des poussières respirables durant leur manipulation et leur utilisation.

Cette loi ne s'applique pas aux fibres constituant les laines minérales qui satisfont à l'un des trois critères suivants :

- un test intrapéritonéal approprié n'a montré aucune indication de carcinogénèse significative,
- **la demi-vie\***, après instillation intratrachéale (de fibres OMS) est inférieure ou égale à 40 jours,
- l'index de cancérogénicité Ki est supérieur ou égal à 40.

Les laines minérales bénéficiant de la certification RAL, équivalente à EUCEB, ne sont donc pas réglementées. Elles sont largement utilisées en Allemagne.

### 2-2-3-3 États-Unis

Aux États-Unis, les fibres de laine de verre étaient classées au niveau fédéral par le National Toxicology Program (NTP) et dans l'état de Californie comme cancérogène possible en référence au classement du Centre International de la Recherche contre le Cancer (CIRC) de 1987.

En juin 2011, le NTP a supprimé de son rapport sur les cancérogènes (« RoC ») toutes les laines de verre bio-solubles utilisées dans les maisons et les bâtiments<sup>6</sup>. Également en 2011, la Californie (OEHHA) a publié une modification de son système de classification, « Proposition 65 »<sup>7</sup> avec la même approche que la classification fédérale en sortant de sa liste des substances cancérogènes les fibres de laine de verre bio-solubles. Au niveau fédéral et en Californie, les fibres de laines minérales bio-solubles utilisées entre autre pour l'isolation des bâtiments ne sont donc plus classées.

6 National Institute of Environmental Health Sciences. National toxicology Program. Fact Sheet « The Report on Carcinogens ». June 2011. Disponible sur <http://www.niehs.nih.gov/about/materials/roc12fs.pdf>.

7 Office of administrative law. California Regulatory Notice Register. November 18, 2011. 46-Z: 1878.

## 2-2-4 Recommandations

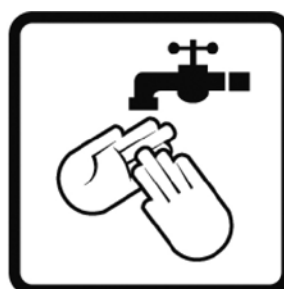
En France, dès le premier semestre 1993, les producteurs de laines minérales ont pris l'initiative de communiquer aux utilisateurs de leurs produits, une liste de précautions d'hygiène qu'ils estimaient nécessaires pour leur mise en œuvre. Cette communication, à partir de brochures et de pictogrammes sur les emballages, est complétée, pour les clients qui en font la demande, par une Déclaration Volontaire de Données de Sécurité (DVDS).

Au niveau européen, les producteurs de laines minérales se sont engagés à mieux informer les utilisateurs de leurs produits (voir copie de cet engagement en [Annexe 7](#)).

Les recommandations à suivre pour la mise en œuvre des matériaux isolants à base de laine minérale sont similaires à celles usuellement applicables à tout chantier et sont les suivantes :



Couvrir les parties du corps exposées. Dans un endroit non ventilé, portez un masque jetable.



Se rincez à l'eau froide avant de se laver.



Nettoyez avec un aspirateur.



Ventilez le lieu de travail si possible



Respecter la réglementation sur les déchets



En cas de travail au-dessus de la tête, portez des lunettes

## 2-3 Les moyens d'évaluation des effets sur la santé

Il existe de très nombreux moyens d'évaluer les effets d'une substance sur la santé : effets sur la peau, sur les voies respiratoires, sur les voies digestives... Au même titre que de nombreuses autres particules en suspension dans l'air, les fibres peuvent être respirées par l'homme.

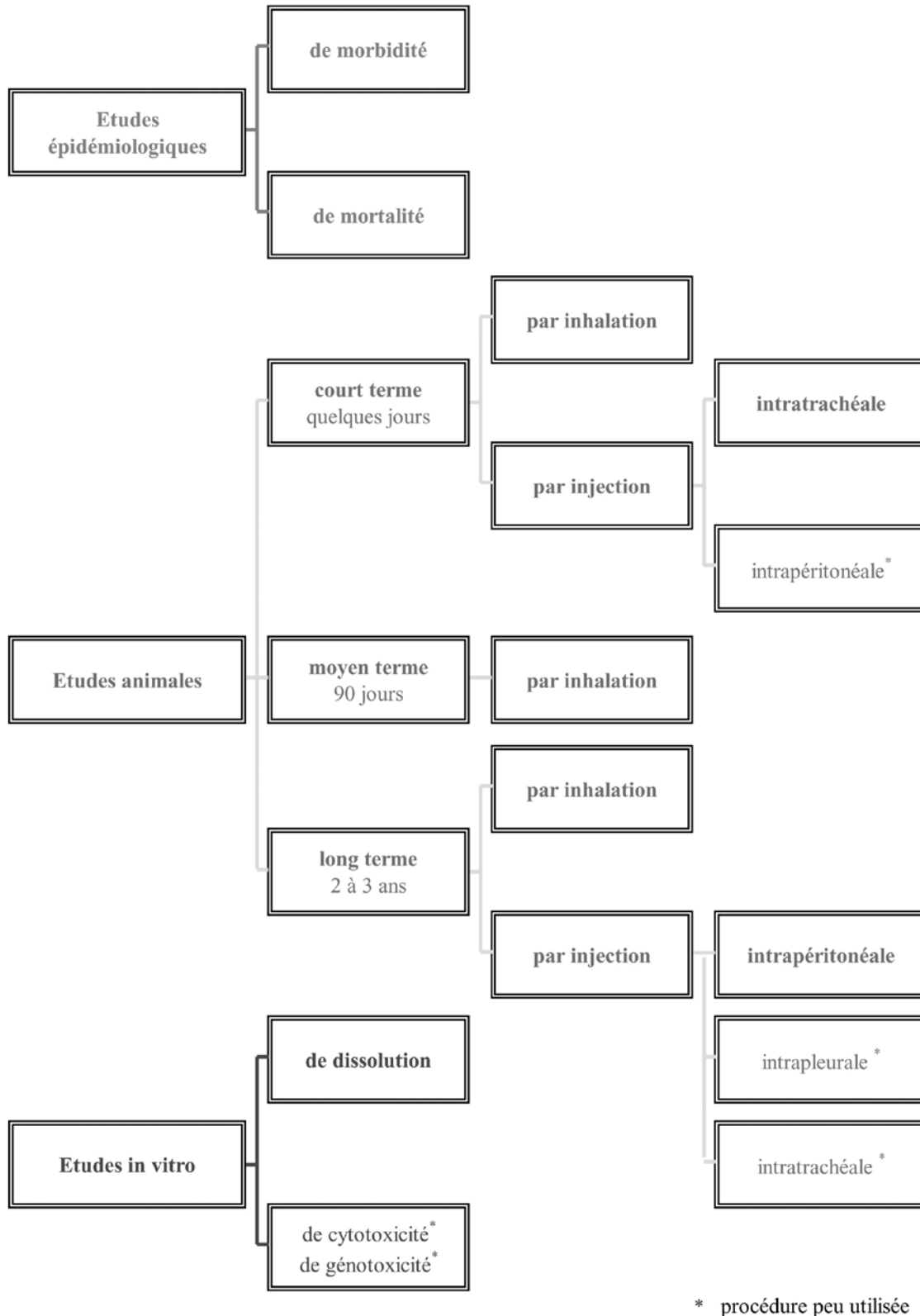
Les moyens d'évaluation utilisés concernent de nombreux domaines (biologie, toxicologie, physique, chimie...), et sont de trois types (cf. Figure 3) :

- les études épidémiologiques (chez l'homme),



- les études **in vivo**\* menées chez des rongeurs (rats, hamsters),
- les études **in vitro** de dissolution ou de cytotoxicité.

Ils ont leurs avantages et inconvénients et sont souvent complémentaires. Leur interprétation nécessite la prise en compte des limites scientifiques et statistiques de chacun d'entre eux.



**Figure 3 :** Les moyens d'évaluation des éventuels effets sur la santé des fibres minérales artificielles



## 2-3-1 Études épidémiologiques

**L'épidémiologie\*** étudie la fréquence des problèmes de santé dans les différents groupes humains ainsi que leurs déterminants. Elle peut avoir un objectif descriptif et cherche alors à répondre à des questions simples comme : qui est malade, quelle est la répartition géographique des maladies, quelle est leur évolution temporelle ?

L'épidémiologie peut aussi être à visée explicative. Il s'agit alors d'identifier les facteurs de risque sanitaire et d'en comprendre le rôle causal ou non.

L'épidémiologie est une science d'observation : le chercheur ne peut pas tirer au sort qui va être exposé à un facteur (environnement, profession, conditions de vie...) et qui ne le sera pas, comme on le fait dans les études animales. Cela est éthiquement infaisable chez l'homme. L'investigateur ne peut que constater l'exposition mais ne peut pas l'influencer.

Une telle situation, même lorsque l'on utilise les protocoles de l'épidémiologie à visée explicative, dans lesquels on tente de constituer des groupes aussi semblables que possible, sauf pour le facteur étudié, place l'épidémiologie en situation de faiblesse lorsqu'il s'agit de discuter la causalité.

Il s'en suit que l'interprétation des études épidémiologiques doit être menée prudemment. La qualité d'une étude épidémiologique dépend principalement de :

- la validité des critères de diagnostic médical utilisés,
- la caractérisation de la population étudiée (exhaustivité ou représentativité),
- la précision avec laquelle est estimée l'exposition aux différents facteurs de risques concernés,
- la qualité méthodologique des analyses statistiques réalisées.

L'existence d'une association statistiquement significative ne préjuge en rien de son caractère causal. Devant la constatation d'une liaison statistique entre un facteur et une maladie, quatre autres explications sont possibles :

- ce résultat est le produit d'une erreur aléatoire d'échantillonnage. Dans la réalité, la relation entre le facteur et la maladie n'existe pas,
- ce résultat est fallacieux. Il est dû à un ou plusieurs biais, c'est-à-dire une erreur systématique qui vient fausser les résultats,
- il s'agit d'une association indirecte. L'action de la variable étudiée n'est pas directe, mais s'effectue par l'intermédiaire d'une autre. Par exemple, la relation entre le fait de regarder la télévision et le risque d'infarctus du myocarde n'est pas directe. Mais cette fréquence est associée à certaines caractéristiques (tabac, alimentation, sédentarité) qui elles-mêmes sont des causes d'infarctus,
- l'association est due à un facteur de confusion lié à la fois à la maladie considérée et au facteur étudié. Ainsi, on a longtemps cru que la basse altitude était la cause du choléra. Mais, la cause réelle est la qualité de l'eau, elle-même liée à l'altitude qui ne joue, en fait, aucun rôle propre.

Les épidémiologistes fondent habituellement le jugement de causalité sur neuf critères :

- la force de la relation, qui se mesure par le risque relatif, rapport du risque chez les exposés et du risque chez les non exposés,
- la constance de la relation au travers de différentes enquêtes,
- la spécificité de l'effet,
- la temporalité de la relation, la cause présumée devant précéder l'effet,
- la relation dose-effet, le risque devant croître avec le niveau de l'exposition,
- la plausibilité avec le savoir biologique existant,
- la cohérence de l'ensemble des connaissances,
- l'existence de données expérimentales,
- l'existence d'une analogie, c'est-à-dire la connaissance d'un effet analogue produit par une cause du même type que celle étudiée.

Il faut donc retenir d'une part, qu'une seule étude ne peut pas permettre, sauf exception, de conclure à la causalité et que, d'autre part, l'interprétation d'une étude épidémiologique doit prendre en compte l'ensemble des connaissances scientifiques disponibles.

Pour les laines minérales manufacturées, la plupart des études épidémiologiques de **mortalité\*** concernent des populations de personnes travaillant à la production. Quelques études épidémiologiques de **morbidité\*** ont été réalisées sur des poseurs de produits d'isolation.

## 2-3-2 Études animales

Dans de très nombreux domaines (chimie, pharmacie...), l'expérimentation animale reste un recours pour l'amélioration des connaissances. Le choix de la race d'animaux est fonction du problème à étudier et de la similitude de réaction physiologique avec l'homme. Le mode d'assimilation est fonction du type d'exposition à la substance que l'on veut tester (**inhalation\*** par exemple). Toutefois, d'autres modes d'exposition permettant de renseigner sur le danger de certaines substances peuvent être utilisés (**injection\*** intrapleurale ou intrapéritonéale par exemple). Les organes susceptibles d'être affectés sont observés sur des animaux exposés et non exposés et l'analyse comparative permet de conclure ou non à l'apparition d'effets toxiques.

Les études animales ont l'avantage de permettre l'obtention rapide de résultats issus d'une exposition bien contrôlée, sans être gêné par des facteurs confondants et de quantifier la relation dose-effet. Elles peuvent être normalisées et permettent de comparer l'intensité des effets de plusieurs substances, commercialisées ou expérimentales, étudiées dans les mêmes conditions.

Les études toxicologiques *in vitro* sont utiles pour élucider des mécanismes possibles impliqués dans la pathogenèse de substances chimiques. Les facteurs évalués dans ces tests sont nombreux et variés, comme par exemple le métabolisme, la phagocytose, les radicaux libres, les altérations chromosomiques, la génotoxicité. Ces voies mécanistiques identifiées par ces tests *in vitro* doivent ensuite être validées sur des modèles animaux. Ces études doivent seulement être considérées comme un complément aux données *in vivo* en termes d'évaluation des risques. Elles ne sont pas appropriées dans l'évaluation de la toxicologie des fibres. Ceci en raison de plusieurs facteurs. Tout d'abord, le système de test *in vitro* est un système statique et donc, n'est pas sensible aux différences de **solubilité\*** des fibres. Des doses élevées de fibres sont nécessaires pour obtenir une réponse positive et il est impossible d'extrapoler les résultats de ces expositions importantes à court terme, aux résultats d'expositions chroniques à dose inférieure qui se produisent *in vivo*. En outre, le nombre de fibres et la distribution de taille ne sont, souvent, pas quantifiés. Ensuite, et de façon plus importante, ces facteurs étudiés n'ont pas été validés en tant que tests de screening pour des matériaux solides comme les fibres et ne sont pas prédictifs des effets pathologiques à long terme *in vivo* (Bernstein, 2007).

Un groupe de travail récent du Centre International de Recherche sur le Cancer, CIRC, sur les Mécanismes de la cancérogenèse des fibres (Mechanisms of fiber carcinogenesis) a conclu de façon résumée : « *Dans l'ensemble, cependant, les études in vitro sont utiles pour distinguer entre une génotoxicité primaire et secondaire et pour identifier les mécanismes d'action. Ainsi, même si elles ne peuvent pas se substituer à des analyses in vivo à court terme et à long terme, elles peuvent, entre autres systèmes de test, fournir des outils de valeur dans le dépistage d'effets nocifs potentiels de nouvelles fibres* » (CIRC, 2006, Version 2).

Pour les fibres composant les laines minérales, on distingue d'une part, les études à moyen ou à long terme, et d'autre part, les études à court terme. Certains protocoles pour la conduite des études ont été définis au niveau européen (Union Européenne, 1998) ou normalisés par l'AFNOR (AFNOR, 1997, 1998) :

- Les études après exposition à moyen ou à long terme visent à identifier et à quantifier les éventuels effets sur le poumon et la plèvre (fibrose, cancer). Elles sont réalisées sur des rongeurs (rats le plus souvent, hamsters de temps en temps) auxquels on fait absorber, soit par inhalation, soit par injection

intratrachéale, une certaine dose de fibres de composition et de caractéristiques géométriques définies. L'examen des poumons des animaux ainsi traités, en comparaison avec ceux des animaux témoins, permet de définir l'effet sur les poumons.

- Les études après exposition à court terme, par inhalation ou injection intratrachéale, visent par exemple à quantifier la persistance des fibres, c'est-à-dire leur capacité à rester dans les poumons avant d'être éliminées. Cette « biopersistance » est exprimée en demi-vie (jours) qui est elle-même liée aux conditions de l'essai : mode d'exposition (inhalation ou injection intratrachéale), caractéristiques dimensionnelles des fibres...

### 2-3-2-1 Études animales à long terme (2 à 3 ans)

#### Les expérimentations par inhalation

Pour simuler l'exposition humaine, l'idéal est d'exposer les animaux par inhalation, ce qui met en jeu les mécanismes physiologiques de défense de l'appareil respiratoire. Pour cette raison, la plupart des scientifiques et les organisations internationales, telles que l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS, 2001), l'Agence de Protection Environnementale (EPA) aux États-Unis et le Programme International sur la Sécurité des Substances Chimiques (IPCS), considèrent que les tests par inhalation sont les plus pertinents pour l'évaluation d'un risque possible chez l'homme.

Les effets pathogènes d'un aérosol de particules solides (y compris les fibres) auxquels l'homme peut être exposé par inhalation, sont étudiés au moyen de modèles animaux actuellement bien codifiés. Malgré des différences dans la structure du poumon entre rongeurs et hommes, ce sont généralement ces animaux qui ont été retenus pour ce type d'expérimentation. Les espèces qui conviennent le mieux sont essentiellement le rat, et plus rarement le hamster, celui-ci n'ayant d'intérêt que parce qu'il est très sensible au développement du **mésothéliome\*** pleural.

Comme les diamètres des voies aériennes des rongeurs sont beaucoup plus petits que ceux de l'homme, il est nécessaire de préparer les fibres à inhaler, en sélectionnant des dimensions de **fibres respirables\*** par les rongeurs, soit un **diamètre aérodynamique\*** inférieur à 3,5 µm, (ce qui correspond à un diamètre **nominal\*** de 1 µm) avec un pourcentage significatif de fibres de longueur de 20 à 100 µm (Union Européenne, 1998, ECB/TM/17).

Les expérimentations animales peuvent être de moyenne durée, par exemple si l'objectif est d'explorer le degré de la réponse inflammatoire alvéolaire. Certains experts préconisent l'utilisation d'un test à moyen terme qui évite des études à long terme (2 à 3 ans) pour les fibres déjà très réactives à 90 jours (Union Européenne, 1998, ECB/TM/16).

#### Les expérimentations par injection intraséreuse

Dans les années 70, Stanton (1972 et 1977) et Pott (1972 et 1974) ont été pionniers dans le domaine de la toxicologie des fibres utilisant l'implantation ou l'injection intrapleurale ou intrapéritonéale chez le rat, pour tester le potentiel cancérogène des matériaux fibreux naturels ou synthétiques. Cette voie intracavitaire non physiologique a été largement utilisée dans de nombreux autres laboratoires. Il s'agit d'une méthode discriminatoire permettant une évaluation du danger cancérogène, non extrapolable pour l'évaluation du risque chez l'homme (Union Européenne, 1998, ECB/TM/18).

### 2-3-2-2 Études animales à court terme (quelques jours)

Les premières études fondamentales ont, à la fois, initié une recherche continue sur les effets potentiels sur la santé des fibres constituant les laines minérales, et posé des questions sur les mécanismes selon lesquels les fibres pourraient exercer leur toxicité. Depuis lors, la plupart des études a inclus des observations sur les mécanismes d'action, en particulier ceux liés aux facteurs responsables de la déposition, la dissolution, du transfert et de l'épuration des fibres, c'est-à-dire tout facteur concourant à la présence des fibres dans l'appareil respiratoire. Suivant les caractéristiques physico-chimiques, ces propriétés permettent d'opposer des fibres peu durables à d'autres fibres très durables, dites biopersistantes, dans l'appareil respiratoire avec, bien entendu, des situations intermédiaires.

Après leur déposition dans la région alvéolaire, les particules ont plusieurs destinées :

- clairance mucociliaire et macrophagique vers les voies respiratoires supérieures,
- translocation vers les ganglions lymphatiques et éventuellement vers la plèvre ou d'autres organes.

Les fibres qui restent en rétention dans le secteur alvéolaire ont deux destinées possibles :

- soit rester libres au contact des fluides alvéolaires (surfactant) ou interstitiels,
- soit être phagocytées par les **macrophages\*** alvéolaires.

Ces conditions conduisent à une lixiviation de certains éléments chimiques qui fragilisent la structure des fibres, entraînant bien souvent leur cassure, surtout pour les fibres longues qui sont transformées en fibres courtes, perdant ainsi leur potentiel cancérigène. Ce sont ces caractéristiques (composition chimique et **biopersistance\*** dans l'appareil respiratoire) qui permettent de distinguer les fibres entre elles.

La biopersistance (ou son contraire la **biosolubilité\***) peut être étudiée suivant 2 protocoles :

- par inhalation pendant une durée de 5 jours (Union Européenne, 1998, ECB/TM/26 ; AFNOR, 1997 ; Bernstein 1994, 1995, 1996) :

Cette méthode consiste à suivre le devenir des fibres (nombre, longueur, diamètre) à intervalles réguliers, jusqu'à 52 semaines après la période d'inhalation. La solubilité, étudiée par une double exponentielle, a permis aux auteurs de démontrer une différence de biopersistance entre les fibres longues ( $L > 20 \mu\text{m}$ ) et les fibres plus courtes ( $L$  entre 5 et  $20 \mu\text{m}$  et  $L < 5 \mu\text{m}$ ). Les fibres longues des laines minérales ont une biopersistance plus faible que les fibres courtes.

- par injection intratrachéale :

Un protocole de mesure de la biopersistance *in vivo* a été mis au point par Muhle (Muhle et al, 1992).

Un autre protocole a été défini par le groupe de travail de l'Union Européenne sur la classification des FMA (Union Européenne, 1998, ECB/TM/27). Ce test donne des résultats légèrement différents de ceux obtenus par la méthode d'inhalation.

Des comparaisons des résultats de ces études de biopersistance avec ceux des études à long terme ont été réalisées et publiées (Bernstein, 2001).

Les résultats des études de biopersistance *in vivo* peuvent être corrélés avec les résultats des tests de solubilité acellulaire *in vitro* (Bignon, 1997) (cf. partie 2.4.3).

#### Les tests de mutagenèse *in vivo*

Les progrès croissants de la biologie cellulaire et de la génétique moléculaire ont permis d'élaborer dès 1989, des tests de mutagenèse *in vivo* utilisant de nouvelles variétés d'animaux de laboratoire, à savoir des rongeurs transgéniques (rat, souris) dont le génome contient des gènes dits « rapporteurs » de mutations dans toutes les cellules de tous les organes. Ces constructions génétiques permettent de mesurer le pouvoir mutagène d'un toxique sur un organe après exposition *in vivo* de ces rongeurs transgéniques. Il est donc possible de :

- cibler la voie d'intoxication (cutanée, pulmonaire, digestive, systémique),
- cibler les organes (peau, gonades, cellules souches sanguines, ou tout autre organe),
- déterminer le potentiel mutagène d'un produit chimique par comparaison de la fréquence des mutants des groupes « témoin » et « exposé »,
- constituer un spectre de mutations imputable au produit d'intoxication en analysant les mutations dans l'organe cible de la mutagenèse par une technique de séquençage de l'ADN.

(détails en Annexe 8)

Ce test permet, en plus de l'étude des paramètres classiques (prolifération, réaction inflammatoire,

biopersistance), de mettre en évidence la mesure du potentiel mutagène dans le poumon lié à l'inhalation de FMA et particules et donc de prédire l'effet cancérigène éventuel.

### 2-3-3 Études *in vitro*

Afin d'éviter les tests sur animaux, de nombreux essais sont réalisés *in vitro* dans des milieux liquides avec ou sans cellules vivantes :

- Les études de la solubilité *in vitro* :  
Elles sont réalisées dans des liquides standardisés à pH contrôlé, simulant les conditions physico-chimiques des fluides biologiques, extracellulaires (surface alvéolaire, interstitium, lymphatique (pH = 7,4)) ou intracellulaires (phagolysosomes des macrophages à pH = 4,5) (AFNOR NF T 03 410, 1998).
- Les études cellulaires de toxicité et génotoxicité *in vitro* :  
De nos jours, la culture cellulaire est établie et reconnue comme système expérimental en toxicologie. Elle donne des résultats dans de très courts délais par rapport aux expériences *in vivo*. Elle est facile à mettre en œuvre et peu coûteuse. Les lignées cellulaires sont faciles à obtenir, que ce soit des lignées établies ou des cellules obtenues à partir d'animaux de laboratoire. La culture de cellules permet de choisir le type cellulaire le mieux adapté à l'étude et constitue une alternative intéressante à l'expérimentation animale, du moins en toxicologie. En effet, les interactions **fibres minérales\*** et milieu intérieur font intervenir des macrophages pulmonaires impliqués dans l'initiation et l'entretien de la réaction inflammatoire qui atteint les cellules pulmonaires environnantes. Ceux-ci sont les premiers en contact avec les fibres inhalées et constituent le seul mécanisme de défense actif dans le poumon profond (Dörger et Krombach, 2000). C'est pourquoi, la détermination de la cytotoxicité *in vitro* des FMA utilise en général des types cellulaires représentatifs du tissu pulmonaire. Ces cellules sont obtenues de deux façons différentes. Elles peuvent provenir de rongeurs de laboratoire soit par lavages broncho-alvéolaires, c'est le cas des macrophages et des neutrophiles, soit à partir de prélèvements de tissu pulmonaire, c'est le cas des cellules mésothéliales. Les cellules étudiées peuvent également être des lignées continues d'origine humaine ou animale comme les fibroblastes, les cellules épithéliales, les macrophages et les cellules mésothéliales. Ces lignées sont immortalisées sans être cancéreuses c'est-à-dire transformées.

## 2-4 Résultats des études

Ce chapitre présente un résumé des résultats des recherches conduites entre 1945 et 2012 sur les fibres constituant les laines minérales. Il s'inspire des synthèses réalisées par Douglas (1995 et 1997), Bernstein (2008) et Lipworth (2009).

Les résultats des recherches ont été :

- présentés à l'occasion de conférences nationales et internationales telles que :
  - les réunions organisées par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) (WHO, 1982, 1986),
  - le Symposium de Paris en 1994 (MMF, 1995),
  - le VDI (Verein Deutscher Ingenieure) au sein de sa commission « Reinhaltung der Luft im VDI und DIN » sicherer Umgang mit Fasermaterialien (Septembre 1998),
  - le Multidisciplinary Symposium « Inhaled Particles » au Robinson College à Cambridge (RU) (Septembre 2001),
  - les réunions de travail des experts rassemblés par le Centre International de Recherche sur le Cancer en 1997 et 2001 (IARC monograph Vol. 43, 1998 et Vol. 81, 2002),
  - la réunion de préparation de révision du classement étatsunien des fibres de verre en 2009 (NTP, 2009).



- publiés au travers :
  - de centaines d'articles et de rapports dont des publications officielles :
    - > de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) (WHO, 1982, 1988),
    - > du Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) (IARC, 1988, 2002),
    - > du Programme International sur la Sécurité des Substances Chimiques (IPCS) (IPCS, 1988),
    - > du Bureau International du Travail (BIT) (Int. Lab. Org. 1989, 1990, 2000),
    - > des instances gouvernementales nationales.
  - de communications provenant des fabricants ou d'autres organisations de l'industrie de l'isolation, telles que celle du FILMM avec la brochure « Les laines minérales, la qualité de l'isolation, la qualité de vie » (2010) ou ce livre blanc dont la 1<sup>ère</sup> édition date de 1997.

## 2-4-1 Études épidémiologiques

Dans le rapport du CIRC (2002), les deux grandes études de cohorte et des études cas-témoins associées à ces cohortes, aux États-Unis et en Europe, fournissent la majeure partie des preuves épidémiologiques concernant le risque potentiel de cancers respiratoires et d'autres cancers associés à l'exposition professionnelle à la laine de verre, à la laine de roche/de laitier lors de leur fabrication. A noter qu'aucun site français n'a pu être pris en compte à l'époque à cause de la réglementation nationale qui interdisait l'accès aux certificats de décès. Depuis, la réglementation a changé et permet l'accès à ces données pour ce type d'étude.

Sur la base de ces études et des études de toxicologie et de biopersistence, le CIRC (2002) a reclassé ces fibres de la catégorie 2B à la catégorie 3. « *Les études épidémiologiques publiées depuis la dernière évaluation de ces fibres en 1988 par les monographies du CIRC ne montrent pas de risques accrus de cancer du poumon\* ou de mésothéliome (cancer des parois des cavités corporelles comme la plèvre) liés à une exposition professionnelle au cours de la fabrication de ces matériaux, et montrent des indications insuffisantes globalement pour tout risque de cancer* » (IARC, 2002).

En 2009, Loren Lipworth, Carlo La Vecchia, Cristina Bosetti et Joseph K. McLaughlin ont systématiquement revu les études épidémiologiques rapportant un risque de cancer des poumons ou de la tête et du cou parmi des travailleurs exposés aux fibres de laines de verre ou de laine de roche, et réalisé une méta-analyse de tous les articles publiés après 2001 (Lipworth, 2009). Ils ont aussi revu les résultats publiés sur le mésothéliome pleural et le cancer sinonasal en relation avec ces fibres.

Le **tableau 2** résume les résultats des études sur le cancer des poumons et de la tête et du cou parmi les travailleurs de sites de production de laine de roche. Seules les études sur plusieurs sites aux États-Unis et en Europe contribuent à la méta-analyse. Les deux sous-cohortes de l'étude américaine (cohorte N et cohorte O) ont été traitées séparément à cause d'une évidente co-exposition à l'amiante dans la cohorte O. Les résultats pour les cancers de la tête et du cou étaient disponibles uniquement dans l'étude européenne.

Reference, Country	No. Subjects/ Person-yr	Follow-Up	Sex	Lung Cancer		Head and Neck Cancer	
				No. Cases	RR (95% CI)	No. Cases	RR (95% CI)
Marsh et al, USA N-cohort*	3,035/NA	1945-1989	M/W	70	1.22 (0.95-1.54)	NA	NA
Marsh et al, USA O-cohort†	443/NA	1945-1989	M	31	1.53 (1.04-2.17)	NA	NA
Boffetta et al, 4 European countries	10,108/221,871	1945-1989	M	97	1.34 (1.08-1.63)	14	1.59 (0.88-2.86)‡

\* No evidence of exposure to asbestos.

† Evidence of exposure to asbestos.

‡ Site-specific results : cancer of oral cavity and pharynx (RR = 1.33 ; 95% CI = 0.57-2.61 ; 8 cases), and cancer of larynx (RR = 1.96 ; 95% CI = 0.72-4.27 ; 6 cases).

M indicates men ; W, women ; NA, not available.

**Tableau 2 :** Résultats des études sur le cancer des poumons et de la tête et du cou parmi les travailleurs de sites de production de laine de roche

Le **tableau 3** correspond aux résultats parmi les travailleurs de sites de production de laine de verre. Dans l'ensemble, les résultats pour le cancer des poumons étaient rapportés dans quatre études indépendantes, et près de 80% du total des cas étaient dans la cohorte étatsunienne. Les résultats pour le cancer de la tête et du cou sont disponibles dans toutes les études sauf la cohorte canadienne.

Reference, Country	No. Subjects/ Person-yr	Follow-Up	Sex	Lung Cancer		Head and Neck Cancer	
				No. Cases	RR (95% CI)	No. Cases	RR (95% CI)
Moulin et al, France	1,374/12,793	1975-1984	M	5	0.74 (0.24-1.77)	19	2.18 (1.31-3.49)
Boffetta et al, 5 European countries	8,335/201,015	1933-1992	M/W	140	1.27 (1.07-1.50)	14	1.36 (0.76-2.41)*
Marsh et al, USA†	26,679/≈800,000	1938-1992	M/W	733	1.07 (0.99-1.15)	NA	NA
Marsh et al, USA‡	32,110/935,581	1938-1992	M/W	NA	NA	92	1.08 (0.87-1.33)§
Shannon et al, Canada	2,557/79,761	1955-1997	M	42	1.63 (1.18-2.21)	NA	NA

\* Site specific results : cancer of oral cavity and pharynx (RR = 1.47 ; 95% CI = 0.71-2.71 ; 10 cases), and cancer of larynx (RR = 1.08 ; 95% CI = 0.29-2.75 ; 4 cases).

† Respiratory cancer ; including also workers in mixed GW and continuous filament production (49%) ; results derived from [1].

‡ Including also workers in continuous filament production (17%) and mixed GW and continuous filament production (49%).

§ Site-specific results : cancer of oral cavity and pharynx (RR = 1.11 ; 95% CI = 0.85-1.42 ; 63 cases), and cancer of larynx (RR = 1.01 ; 95% CI = 0.68-1.45 ; 29 cases).

M indicates men ; W, women ; NA, not available.

**Tableau 3 :** Résultats des études sur le cancer des poumons et de la tête et du cou parmi les travailleurs de sites de production de laine de verre

Les résultats des études de l'exposition professionnelle des utilisateurs exposés à des mélanges de fibres ou des types de fibres non précisés sont rapportés dans le **tableau 4**. Cela inclut deux analyses de l'importante cohorte suédoise de travailleurs de la construction et deux études supplémentaires du cancer des poumons chez des installateurs de FMA et autres utilisateurs. Dans l'ensemble, 201 cas de cancer des poumons ont été inclus et les risques relatifs (RR) estimés étaient proches ou inférieurs à un. De plus, il y avait 46 cancers de la tête et du cou associés avec un RR de 1,3 à la limite de signification statistique.

Reference, Study Design, Country	Industry	No. Subjects/ Person-yr	Follow-Up	Sex	Confounding Factors Adjusted for in the Analysis	No. Exposed Cases	RR (95% CI)
<i>Lung Cancer</i>							
Engholm et al, NCC, Sweden	Construction	52,145/≈550,000	1971-1983	M	Asbestos	165	1.19 (0.91-1.55)
Gustavsson et al, CS, Sweden*	Prefabricated houses	853/NA	1969-1988	M	-	3	0.56 (0.11-1.62)
Martin et al, NCC, France	Utilities	NA/NA	1978-1989	M	Asbestos	33	0.73 (0.32-1.70)
<i>Head and neck cancer</i>							
Purdue et al, CS, Sweden	Construction	≈50,000/≈1,000,000	1971-2001	M	Tobacco	46	1.3 (1.0-1.8)

\* Only workers in MMVF exposure categories 2 and 3 (as defined in the original study).

NA indicates not available ; M, men ; NCC, nested case-control study ; CS, cohort study.

**Tableau 4 :** Résultats des études de l'exposition professionnelle des utilisateurs exposés à des mélanges de fibres ou des types de fibres non précisés

Le **tableau 5** rapporte les résultats de six études de cohortes (« community-based ») sur le cancer des poumons et d'une étude sur le cancer de la tête et du cou. La prévalence de l'exposition aux FMA dans ces études varie de 1,7% à 9,1%, avec une exception notable dans l'étude cas-témoins française du cancer de la tête et du cou qui avait une prévalence de 50% (l'estimation de l'exposition dans cette étude était basée sur une matrice emploi-exposition).

Reference, Country	Exposure Assessment	No. Exposed Cases/Controls	Prevalence of Exposure Among Controls (%)	Confounding Factors Adjusted for in the Analysis	RR (95% CI)
<i>Lung Cancer</i>					
Kjuss et al, Norway	Self-reported	13/11	6.3	Tobacco	1.0 (0.4-2.5)
Pohlabein et al, Germany	ER	39/59	1.7	Tobacco, asbestos	1.30 (0.82-2.07)
Baccarelli et al, Russia	ER	23/15	3.3	Tobacco	1.82 (0.88-3.75)
Carel et al, 7 European countries	ER	115/89	3.9	Tobacco, asbestos	1.23 (0.88-1.71)
Pintos et al, Canada	ER	75/91	8.4	Tobacco, asbestos	0.94 (0.64-1.38)
Pintos et al, Canada	ER	78/82	9.1	Tobacco, asbestos	1.20 (0.78-1.83)
<i>Head and neck cancer</i>					
Marchand et al, France	JEM	229/99	50.5	Tobacco, alcohol	1.42 (1.06-1.90) <sup>†</sup>

\* All studies assessed exposure to mixed or unspecified MMVFs. All results refer to men.

<sup>†</sup> Site-specific results: cancer of hypopharynx (RR = 1.55; 95% CI = 0.99-2.41; 206 cases), and cancer of larynx (RR = 1.33; 95% CI = 0.91-1.95; 305 cases).

JEM indicates job-exposure matrix; ER, expert review based on detailed questionnaires and environmental measurements.

**Tableau 5 :** Résultats des études de cohortes sur le cancer des poumons et d'une étude sur le cancer de la tête et du cou

Les résultats de la méta-analyse sur le cancer des poumons sont donnés dans le **tableau 6**. Sur l'ensemble, le RR était de 1,21 (Intervalle de confiance (IC) à 95% de 1,11 à 1,32) sur la base de 16 estimations indépendantes du risque.

Il y a une évidence limitée de l'hétérogénéité. Sept estimations indépendantes du risque à partir des études sur les travailleurs des sites de production donne un risque relatif (RR) de 1,26 (IC à 95% de 1,10 à 1,44): le RR était similaire pour les études des travailleurs de la laine de roche (1,32 ; IC 95% de 1,15 à 1,53) et pour celles de la laine de verre (1,22 ; IC 95% 1,00 à 1,49). Les études avec les installateurs et autres utilisateurs donnent un RR de 1,06 (IC 95% de 0,77 à 1,48), et les études « community based »<sup>8</sup> un RR de 1,18 (IC 95% de 0,98 à 1,42). Les résultats de la méta-analyse dans son ensemble sont robustes à l'exclusion des études particulières : les plus grands changements de RR, bien que légers, ont été observés quand soit l'étude de cohorte américaine des travailleurs de la laine de verre (RR excluant cette étude de 1,27 ; IC 95% de 1,16 à 1,38), soit l'étude des travailleurs canadiens de laine de verre (RR excluant cette étude de 1,17 ; IC 95% de 1,09 à 1,26) étaient exclues.

Study Population	Type of Fiber	No. Risk Estimated	No. Cases	RR (95% CI)	P for Heterogeneity
All workers	All MMVF	16	1662	1.21 (1.11-1.32)	0.15
Production workers	All MMVF	7	1118	1.26 (1.10-1.44)	0.02
	Rock wool	3	198	1.32 (1.15-1.53)	0.6
	Glass wool	4	920	1.22 (1.00-1.49)	0.02
Users	All MMVF	3	201	1.06 (0.77-1.48)	0.3
Community-based studies	All MMVF	6	343	1.18 (0.98-1.42)	0.7

**Tableau 6 :** Résultats de la méta-analyse sur le cancer des poumons

<sup>8</sup> Étude dans laquelle les cas et les témoins sont de la même population, communauté.



## 2-4-2 Études animales

La plupart des organisations scientifiques internationales considèrent que les tests d'inhalation sont les plus appropriés pour une estimation du risque possible pour l'homme. Nombreux sont les experts qui pensent que les expérimentations animales au cours desquelles des fibres constituant les laines minérales ont été appliquées par injection ou implantation dans les cavités de la plèvre ou du péritoine, ne sont valables que pour une identification du potentiel cancérigène et qu'elles ne sont pas appropriées toutes seules pour l'estimation d'un risque. De telles expérimentations court-circuitent les mécanismes normaux de défense du poumon tels que la phagocytose et la dissolution des fibres.

### 2-4-2-1 Études animales à long terme

#### 2-4-2-1-1 Études des effets à long terme après inhalation

Toutes les études des effets chroniques chez des rats et des hamsters, réalisées après inhalation de fibres constituant les laines minérales, verre, roche et laitier, ont donné des résultats négatifs. Ces résultats publiés dans les années 1980 sont résumés dans **le tableau 7** pour les fibres de verre, dans **le tableau 8** pour les fibres de roche et de laitier et dans **le tableau 9** pour l'ensemble des fibres constituant les laines minérales.

Auteurs	Espèce	Niveau d'exposition	Type de verre	Dimension des fibres	Nombre d'animaux	Pourcentage de tumeurs	Classification Wagner pour le poumon
Le Bouffant et al (1984)	Rats Wistar	Ambiance contrôlée	Pas applicable	Pas applicable	47	0	pas de fibrose
		48 f/ml	Laine d'isolation St-Gobain	D : 69 % < 1 µm L : 42 % < 10 µm	45	2,2 NS	pas de fibrose
Wagner et al (1984)	Rats Fisher 344	Ambiance contrôlée	Pas applicable	Pas applicable	48	0	pas de fibrose
		1 436 f/ml	Laine d'isolation Pilkington	D : 52 % ≤ 1 µm L : 72 % 5-20 µm	48	2,1 NS	pas de fibrose
		323 f/ml	Laine d'isolation Pilkington	D : 47 % ≤ 1 µm L : 58 % 5-20 µm	47	2,1 NS	pas de fibrose
Mitchell (1986)	Rats Fisher 344	Ambiance contrôlée	Pas applicable	Pas applicable	100	0	pas de fibrose
		15 mg/m <sup>3</sup>	Laine d'isolation OCF	D : 4 – 6 µm L : > 20 µm	100	0	pas de fibrose
		15 mg/m <sup>3</sup>	OCF filtre d'air	D : 0,5 – 3,5 µm L : > 10 µm	100	0	pas de fibrose
Smith et al (1987)	Rats Osborne-Mendel	Ambiance contrôlée	Pas applicable	Pas applicable	60	0	pas de fibrose
		100 f/ml	Laine soufflée InsulSafe II	D moyen : 1,2 µm L moyenne : 24 µm	52	0	pas de fibrose
		100 f/ml	Laine d'isolation JM	D moyen : 1,1 µm L moyenne : 20 µm	57	0	pas de fibrose
		10 f/ml	Laine d'isolation JM	D moyen : 1,1 µm L moyenne : 20 µm	61	0	pas de fibrose
Smith et al (1987)	Hamster golden syrian	Ambiance contrôlée	Pas applicable	Pas applicable	58	1,7	pas de fibrose
		100 f/ml	Laine soufflée InsulSafe II	D moyen : 1,2 µm L moyenne : 24 µm	60	0	pas de fibrose
		100 f/ml	Laine d'isolation JM	D moyen : 1,1 µm L moyenne : 20 µm	66	0	pas de fibrose
		10 f/ml	Laine d'isolation JM	D moyen : 1,1 µm L moyenne : 20 µm	65	0	pas de fibrose
		25 f/ml	Laine d'isolation OCF	D moyen : 3 µm L moyenne : 83 µm	61	0	pas de fibrose

Tableau 7 : Études animales par inhalation chronique - Fibres de verre

Auteurs	Espèce	Niveau d'exposition	Type de verre	Dimension des fibres	Nombre d'animaux	Pourcentage de tumeurs	Classification Wagner pour le poumon
Le Bouffant et al (1984)	Rats Wistar	5,4 mg/m <sup>3</sup> 41 f/ml	Laine de roche St-Gobain	D : 23 % < 1 µm L : 60 % > 10 µm	47	0	pas de fibrose
Wagner et al (1984)	Rats Fisher 344	9,61 mg/m <sup>3</sup> 1 436 f/ml	Laine de roche expérimentale suédoise	D : 58 % < 1 µm L : 71 % 5-20 µm	48	0 4,2 NS	pas de fibrose
Smith et al (1987)	Rats Osborne-Mendel	7,8 mg/m <sup>3</sup> 200 f/ml 90 f/ml respirable par l'animal	Laitier USG	D moyen : 0,9 µm L moyenne : 22 µm	55	0	pas de fibrose
Smith et al (1987)	Hamster golden syrian	7,8 mg/m <sup>3</sup> 200 f/ml 90 f/ml respirable par l'animal	Laitier USG	D moyen : 0,9 µm L moyenne : 22 µm	69	0	pas de fibrose

**Tableau 8 :** Études animales par inhalation chronique - Fibres de roche et laitier

Groupe d'exposition	Nombre d'animaux*	Tumeurs pulmonaires (adénome et carcinome) (%)	Mésothéliome (%)
<b>Laine de verre MMVF10</b> mg/m <sup>3</sup> (témoins) 3 mg/m <sup>3</sup> (≈ 29 f/ml) 16 mg/m <sup>3</sup> (≈ 145 f/ml) 30 mg/m <sup>3</sup> (≈ 232 f/ml)	123 117 118 119	4 (3,3 %) 0 1 (0,8 %) 7 (5,9 %)	0 0 0 0
<b>Laine de verre MMVF11</b> mg/m <sup>3</sup> (témoins) 3 mg/m <sup>3</sup> (≈ 41 f/ml) 16 mg/m <sup>3</sup> (≈ 153 f/ml) 30 mg/m <sup>3</sup> (≈ 246 f/ml)	123 118 120 112	4 (3,3 %) 4 (3,4 %) 9 (7,5 %) 3 (2,7 %)	0 0 0 0
<b>Laine de roche MMVF21</b> mg/m <sup>3</sup> (témoins) 3 mg/m <sup>3</sup> (≈ 34 f/ml) 16 mg/m <sup>3</sup> (≈ 145 f/ml) 30 mg/m <sup>3</sup> (≈ 247 f/ml)	126 114 115 114	2 (1,6 %) 5 (4,4 %) 5 (4,4 %) 5 (4,4 %)	0 0 0 0
<b>Laine de laitier MMVF22</b> mg/m <sup>3</sup> (témoins) 3 mg/m <sup>3</sup> (≈ 27 f/ml) 16 mg/m <sup>3</sup> (≈ 123 f/ml) 30 mg/m <sup>3</sup> (≈ 230 f/ml)	126 116 115 115	2 (1,6 %) 2 (1,7 %) 0 3 (2,6 %)	0 0 0 0

\* Ce nombre comprend tous les rats exposés pendant 12 mois ou les témoins ayant survécu pendant 12 mois.

**Tableau 9 :** Études d'inhalation chronique multidoses conduites sur les rats Fisher 344 par le RCC (Research Consulting Company) de Genève. Résultats obtenus sur les fibres de verre, de roche et de laitier

#### 2-4-2-1-2 Études des effets à long terme après injection intratrachéale

Ce type d'étude a très peu été utilisé. La seule expérimentation qui ait conduit à la mise en évidence significative d'un potentiel cancérigène, repose sur l'analyse de fibres de verre fines à usage spécial (JM100), lesquelles ont été broyées pendant 2 à 4 heures (Pott et al, 1984). Pott et al (1987) ont également fait état d'une augmentation significative (15 %) de **tumeurs\*** du poumon en référence à d'autres fibres fines de verre à usage spécial (JM104). Smith (1987) ou Feron (1985) n'avaient pas démontré un tel potentiel cancérigène avec des fibres fines de verre, semblables ou identiques, destinées à des usages spécifiques (Brown et al, 1991).

#### 2-4-2-1-3 Études des effets à long terme après injection intraséreuse

Le modèle d'étude par injection intrapéritonéale chronique (IP) est issu des investigations initiales effectuées par Wagner (1962, 1969) puis, plus tard, par Stanton et Wrench (1972) sur la relation entre la dimension des fibres et la survenue de mésothéliome dans la cavité pleurale. La difficulté de ces études est liée à la nécessité de pratiquer une intervention chirurgicale pour implanter les fibres dans la cavité pleurale rendant difficile l'utilisation en routine de cette voie d'exposition. L'injection dans la cavité péritonéale est considérée comme un succédané à ces interventions chirurgicales. Reeves et al (1971) ont publié une étude sur l'utilisation de cette technique dans laquelle ils comparent différents échantillons d'amiante après inhalation, injection intrapleurale et intrapéritonéale. Puis, Pott et Friedrichs (1972) ont présenté un rapport succinct sur l'utilisation de l'injection intrapéritonéale pour l'évaluation de différents types de fibre, notamment un échantillon de fibre de verre (Bernstein, 2007).

Le test intrapéritonéal, dans lequel des fibres sont injectées directement dans la cavité intrapéritonéale, contourne la voie normale d'exposition. Puisque le poumon est contourné, les mécanismes normaux par lesquels le poumon enlève, dissout ou casse des fibres, réduisant ou éliminant de ce fait l'exposition potentielle de la cavité pleurale, ne fonctionnent pas. Par conséquent, le test intrapéritonéal n'a aucune dose maximale physiologique imposée à laquelle les animaux peuvent être exposés. Le test intrapéritonéal peut indiquer si une fibre devrait être classée comme cancérigène si un contrôle positif approprié est réalisé (IARC, 2002).

De même que, pour les études par inhalation, les critères de sélection des fibres pour les études IP et les conditions de réalisation de ces études n'étaient pas définis, ni précisés initialement. Le protocole européen spécifie non seulement comment conduire ce type d'étude mais fournit aussi des recommandations pour la standardisation de la sélection de fibres pour les études par IP (Bernstein et Riego Sintes, 1997).

L'IPCS (Programme International sur la Sécurité des Substances Chimiques) a résumé les préoccupations de la manière suivante : « *la nécessité de prudence lors de l'extrapolation des résultats provenant d'études par injection ou implantation dans les cavités séreuses du corps pour prédire le potentiel de différents échantillons de fibres, même par rapport à la provocation de mésothéliomes, ne peut pas être surestimée. La validité de telles études quant à d'autres types de cancer, tel que le cancer du poumon, n'a pas été établie* ».

Des réserves identiques ont été exprimées par le Bureau International du Travail.

#### **2-4-2-2 Études animales à court terme – Études de biopersistance**

Les résultats de plusieurs études de toxicité par inhalation chronique chez les rats, tenant compte de la respirabilité des fibres chez les rats et de la longueur des fibres, indiquent que les fibres les plus solubles testées ne montrent peu, voire aucune réponse pathogène. En revanche, les fibres moins solubles semblent pathogènes. Pour étudier davantage ceci, un protocole a été développé pour l'évaluation de la biopersistance des fibres vitreuses artificielles (Bernstein et al, 1994 ; Musselman et al, 1994), et la biopersistance de toutes les fibres issues d'études par inhalation chronique de TIMA (Thermal Insulation Manufacturers Association) a ainsi été évaluée. Ensuite, des études supplémentaires ont été réalisées

sur certaines de ces fibres (Bernstein et al, 1996 ; Hesterberg et al, 1998).

Dans ces premières études, les méthodes statistiques de détermination des demi-vies d'élimination par le poumon des fibres testées n'ont fait l'objet d'aucune normalisation ; par conséquent, les valeurs obtenues n'étaient pas toujours comparables entre les études. Pour résoudre cette difficulté et permettre d'évaluer la relation entre la biopersistance et la toxicité, une norme AFNOR avait été publiée (AFNOR, 1997) puis des protocoles standardisés de biopersistance (« Protocoles Ispra ») ont été développés par la Commission européenne au Bureau Européen de la Chimie (ECB) et ont été publiés ensuite (Bernstein et Riego Sintes, 1999).

### 2-4-2-3 Conclusion sur les études animales

L'ensemble des études menées chez l'animal a permis d'identifier les paramètres essentiels pour évaluer le niveau de danger des fibres constituant les laines minérales :

- caractéristiques dimensionnelles : forme fibreuse, longueur, diamètre.
- biopersistance, c'est-à-dire le temps pendant lequel les particules inhalées restent dans les **alvéoles\*** pulmonaires malgré les mécanismes qui peuvent en permettre l'élimination : solubilité, cassure en fibres plus courtes, clairance mucociliaire et macrophagique.

Le danger potentiel d'une fibre diminue quand :

- sa longueur diminue,
- son diamètre augmente,
- sa biopersistance diminue,
- sa solubilité augmente.

La plupart des scientifiques et des organisations internationales considèrent que les tests par inhalation sont les plus pertinents pour l'évaluation d'un risque possible chez l'homme. Toutes les études des effets chroniques chez des rats et des hamsters, réalisées après inhalation de fibres constituant les laines minérales, verre, roche et laitier, ont donné des résultats négatifs : pas de dommages pulmonaires significatifs, pas d'excès de tumeurs pulmonaires, pas de mésothéliome.

Les études des effets à long terme après injection intratrachéale ou intraséreuse (intrapleurale et intrapéritonéale) ont permis la compréhension du rôle des paramètres physiques dans la cancérogenèse des fibres : seules les fibres fines, longues et durables peuvent être à l'origine de la production de tumeurs. Toutes ces expériences court-circuitent les systèmes de défense du poumon de l'animal mais elles sont utiles en tant qu'études discriminatoires avant d'entamer des études supplémentaires sur l'inhalation.

Les études des effets à court terme ont permis de quantifier la biopersistance des fibres constituant les laines minérales. Elles donnent des résultats en concordance avec ceux des études des effets à long terme.

### 2-4-3 Études *in vitro*

La plupart des études de solubilité *in vitro* ont été réalisées dans des fluides de synthèse ayant une composition chimique proche de celle du liquide extracellulaire (pH d'environ 7,4) : il s'agit de la solution de Gamble ou d'une adaptation de ce fluide (Kanapilly, 1977 ; Potter, 1991 ; Baillif, 1994 ; Leineweber, 1984 ; Feck, 1984 ; Bauer, 1988 ; Tiesler, 1981 ; Forster, 1984 ; Klingholz, 1982 ; Scholze, 1987 ; Larsen, 1989).

Des études ont également été réalisées avec un liquide à pH compris entre 4,5 et 5,0, simulant les conditions du pH intracellulaire notamment dans les phagolysosomes des macrophages alvéolaires ou interstitiels (Carr, 1973 ; Oberdorster, 1991 ; Thélohan, 1994 ; Sébastien, 1990, 1994 ; Law, 1990 ; NAIMA, 1992).

Les résultats sont exprimés sous la forme d'un coefficient de dissolution en  $\text{ng.cm}^{-2}.\text{h}^{-1}$ , mesuré avec une solution bien définie, à pH connu. Plus la valeur du  $K_{\text{dis}}^*$  est élevée, plus les fibres sont solubles.

Types de fibres	$K_{\text{DIS}} \text{ ng.cm}^{-2}.\text{h}^{-1}$	
	pH = 4,5	pH = 7,4
Crocidolite	0,1 - 0,5	0,3
Fibres de roche	65	23
Fibres de laitier	400 - 500	119
Fibres de verre	8	142

**Tableau 10 :** Coefficient de dissolution ( $K_{\text{dis}}$ ) de plusieurs fibres mesuré à pH = 4,5 (d'après Guldberg et al) et à pH = 7,4 (d'après Zoitos et al)

Les différents modèles de culture cellulaires ont montré que la toxicité des fibres pour les cellules cultivées était liée directement à leur longueur et, peut-être indirectement, à leur diamètre. En effet, les fibres de longueur supérieure à 20  $\mu\text{m}$  se révèlent être les plus cytotoxiques. Ces études ont également contribué à une meilleure compréhension des mécanismes moléculaires des lésions induites par les fibres en étudiant des marqueurs du stress oxydatif (Donaldson et al, 1995 ; Morimoto et al, 1999 ; Brown et al, 1999 ; Wang et al, 1999 ; Dörger et al, 2001 ; Tatrai et al, 2006), d'apoptose (Ma et al, 1999 ; Kudo et al, 2003 ; Dika Nguea et al, 2005), de l'intégrité membranaire (Castranova et al, 1996 ; Luoto et al, 1997 ; Blake et al, 1998), de la viabilité cellulaire (Castranova et al, 1996 ; Kim et al, 2001 ; Dika Nguea et al, 2005) ou de la génotoxicité (Hart et al, 1994 ; Dopp et al, 1997 ; Okayasu et al, 1999).

L'utilisation de cellules en culture a permis en partie, l'élucidation des mécanismes mis en jeu lors de la dégradation de certaines FMA. Un test *in vitro* utilisant des monocytes humains activés en macrophages par des extraits bactériens, a permis de reproduire les dégradations de surface observées *in vivo* sur des fibres de laines de roche et de verre extraites de poumons de rongeurs après une exposition par voie intratrachéale (Dika Nguea et al). En outre, une analyse moléculaire génétique globale plus approfondie de ces cellules à l'aide de puces à ADN a permis de démontrer pour la première fois, le rôle des espèces réactives de l'oxygène générées lors du stress oxydant dans la dégradation même des FMA. En effet, des FMA incubées dans une solution de peroxyde d'hydrogène, en milieu neutre, présentent des érosions de surface similaires à celles observées *in vivo*. Ce marqueur, produit du gène NCF1, dont le rôle actif dans la dégradation des fibres a été mis en évidence pour la première fois, pourrait constituer un « endpoint » utile dans le criblage des FMA *in vitro* et être prédictif de la biopersistance des fibres *in vivo*.

## 2-4-4 Conclusion des études

**Brown et al, 1991** - Une synthèse des éléments pour ou contre le lien entre l'exposition aux fibres et le cancer a été résumée sous la forme d'un tableau :

	Par inhalation				Par injection intraséreuse
	poumon		mésothéliome		mésothéliome
	humain	animal	humain	animal	animal
Erionite	++	(-)	+++	+++	++
Crocidolite	++	++	++	+	++
Amosite	++	++	+	+	++
Chrysotile	++	++	(+)	+	++
Anthophyllite	++	-	--	++	++
Trémolite	++	++	(+)	+	++
Fibres céramiques réfractaires	nd	+	nd	++	++
Fibres de verre à usage spécial	-	-	-	-	++
Laine de verre	-	--	--	--	-
Laine de roche	-	-	--	-	#
Laine de laitier	..	-	--	-	-
Filaments de verre	-	-	--	-	-
Fibres très fines d'aramide	nd	++	nd	-	-

**Tableau 11** : Synthèse des éléments pour ou contre le lien entre l'exposition aux fibres et le cancer

### Notes :

+++ (Pas de note explicative dans la publication).

++ Signes définitifs et solides de l'effet.

+ Signes définitifs de l'effet.

(+) Apparition de mésothéliome suite à une exposition exclusive à la chrysotile peu fréquente. La plupart des cas suppose également une exposition à la trémolite, amphibole contaminant certains gisements de chrysotile.

.. Il y a un excès de cancer du poumon parmi les travailleurs ayant produit la laine de laitier mais ceci n'a pu être attribué à l'exposition aux fibres de laitier.

# Aucune expérimentation utilisant la laine de roche commercialisée n'a révélé d'effets cancérigènes. Les résultats positifs sont survenus avec des fibres expérimentales spécialement préparées pour les études animales.

(-) L'inhalation d'érionite lors d'études animales a produit un tel nombre de mésothéliomes qu'il n'y a pratiquement pas de possibilité de cancer du poumon.

- Résultats disponibles ne montrant pas d'effet cancérigène.

-- Résultats disponibles apportant des arguments contre l'existence d'un quelconque effet.

nd Pas de résultats disponibles.

Aujourd'hui, les résultats de ces nombreuses recherches ont permis d'aboutir à des conclusions objectives et rassurantes pour les personnes exposées à long terme aux fibres constituant les laines minérales dans les conditions actuelles de production et d'utilisation.

Lors des études animales par inhalation, les laines minérales pour l'isolation n'ont pas provoqué de fibrose pulmonaire, ni de cancer du poumon, ni de mésothéliome. Les études animales faisant référence à des méthodes d'injection intratrachéale et intracavitaire n'ont pas révélé de maladies à l'exception de celles mettant en cause, soit des **fibres fines de verre pour usages spéciaux\***, soit des fibres de roche expérimentales.

Les derniers résultats des études épidémiologiques publiés depuis la dernière évaluation de ces fibres en 2001 par le CIRC « ne montrent pas de risques accrus de cancer du poumon ou de mésothéliome (cancer des parois des cavités corporelles comme la plèvre) liés à une exposition professionnelle au cours de la fabrication de ces matériaux, et montrent des indications insuffisantes globalement pour tout risque de cancer » (cf. partie 2.2.2).

Depuis cette date, les fibres constituant les laines minérales de verre, de roche et de laitier ont évoluées favorablement du groupe 2B « peut être cancérigène pour l'homme » au groupe 3 « ne peut être classé quant à sa cancérigénicité pour l'homme ». Voir le communiqué en Annexe 2.

## 2-5 Identification du danger et analyse du risque

On distingue le danger d'une part et le risque d'autre part. Le risque prend en compte non seulement le danger en tant que tel, mais aussi la probabilité qu'il y ait exposition à ce danger. Par exemple, pour déterminer le risque d'être brûlé par une flamme, on prendra en compte non seulement le danger de la flamme qui est proportionnel à sa température et à sa taille, mais aussi la probabilité d'y être exposé pendant un certain temps et à une certaine distance.

Risque = danger x probabilité

Les études toxicologiques animales, notamment celles utilisant les tests les plus sensibles (tests par injection intrapéritonéale) et certaines études *in vitro*, donnent des informations sur les dangers potentiels pour la santé. En revanche, elles ne donnent aucune information sur le risque pour l'homme d'être éventuellement affecté par une maladie liée à l'inhalation de FMA. La détermination de ce risque pour les individus nécessite la prise en compte non seulement du niveau de danger mais aussi de la durée, de la fréquence et du niveau d'exposition ainsi que du profil de chaque individu (modes de vie, état de santé, âge...).

Les données épidémiologiques de morbidité et de mortalité sont les plus directement utilisables pour estimer le risque même si le nombre souvent considérable d'informations nécessaires et indispensables au traitement sur les conditions d'exposition à la substance dans le passé et leur degré de précision, rendent les corrélations statistiques difficiles à établir. Ces données ont leurs limites à cause de la réponse différée par rapport au début de l'exposition au danger due à la longue période de latence avant la survenue de maladies comme les cancers du poumon ou de la plèvre. De plus, ces études épidémiologiques sont réalisées non pas au niveau de l'individu, mais au niveau d'une population ne prenant donc pas en compte le profil de chaque individu.



## 2-6 Niveaux d'exposition

D'après les mesures publiées (Dodgson, 1987 ; Patroni, 1989 ; Kauffer, 1991, 1993 ; Corn, 1992 ; Draeger, 1992 ; LEPI, 1992 ; Julier, 1993 ; TÜV, 1994 ; Yeung, 1994 / Umweltbundesamt, 1994 ; Plato, 1995 ; Backer, 1995 ; Zock, 1998 ; Marchant, 2002 ; Merchant 2011) ou réalisées sur les sites de production, les niveaux d'exposition des personnes sont :

Stade du « cycle de vie »	Fibre/ml	
	Moyenne	Mini - Maxi
Lors de la production	0,2	0,02 – 1,0
Lors de la pose	0,1	0,03 – 0,25
<i>Panneaux, rouleaux</i>	0,2	0,09 – 0,27
<i>Vrac (laine à souffler)</i>	0,2	0,05 – 0,39
<i>Projection</i>		
Lors de l'utilisation	< 0,01	
Lors du démontage	0,3	0,05 – 0,8

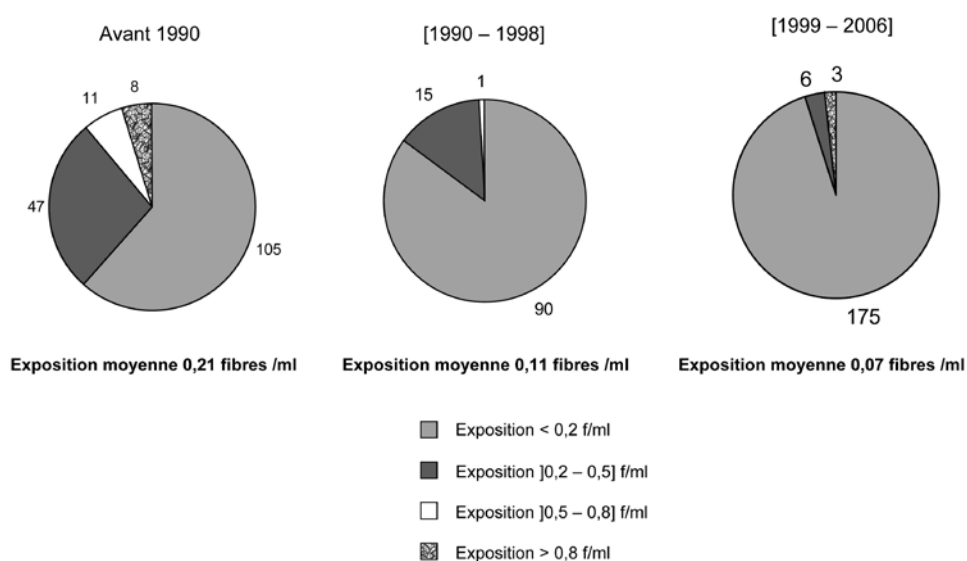
**Tableau 12 :** Niveaux d'exposition aux fibres lors des divers stades du cycle de vie des produits en laine minérale manufacturée

Il existe, dans certains pays, une réglementation relative aux **valeurs limites moyennes d'exposition (VME)\*** en hygiène industrielle (pour une exposition de 8 heures/jour, 5 jours/semaine). En France, cette valeur indicative a été fixée à 1 fibre/ml pour 8 heures d'exposition (INRS, nd 984, 2012). Les principales valeurs d'exposition professionnelle pour les fibres constituant les laines minérales sont données en [Annexe 9](#).

Les industriels du FILMM réalisent régulièrement des mesures d'exposition des personnes travaillant sur les sites de production. Entre 2005 et 2007, le FILMM a réalisé des mesures sur des chantiers de construction.

### 2-6-1 Sites de production

Les graphiques ci-dessous ont été réalisés à partir des données provenant de sites de production. Ils montrent qu'un nombre important de mesures d'exposition individuelle ont été effectuées et que les niveaux d'exposition sont en constante réduction.



**Figure 4 :** Historique des niveaux moyens d'exposition (8h) dans des usines de production de laine minérale en France



## 2-6-2 Chantiers

Les mesures réalisées sur des chantiers de construction montrent des expositions moyennes des professionnels installant des isolants en laine minérale plus faibles que celles mesurées sur les sites de production. Ces mesures ont été réalisées à la demande du FILMM sur des chantiers en France par des organismes agréés.

Types d'applications	Mesures individuelles réalisées sur les opérateurs			
	Nombre de mesures	Moyenne (f/ml)	Médiane (f/ml)	Probabilité de dépasser la valeur limite d'exposition professionnelle (1 f/ml)
Murs - Laine de verre sur ossature métallique	9	0,1	0,07	0,07%
Murs - Complexe de doublage	7	0,23	0,19	2,01%
Toits - Laine de verre à souffler	8	0,09	0,05	0,12%
Rampants - Laine de verre	4	0,08	0,06	0,00%
Projection - Laine de laitier (opérateur alimentation)	6	0,07	0,06	0,00%
Projection - Laine de laitier (projeteur)	10	0,07	0,06	0,00%

**Tableau 13** : Résultats de mesures d'exposition aux fibres de laines minérales réalisées en 2006 et 2007 sur des chantiers de construction en France (source : FILMM)

# 3 - QUALITÉ DE L'AIR

---

La qualité de l'air intérieur est primordiale. Diverses études et ouvrages montrent que la qualité de l'air intérieur est parfois plus mauvaise que l'air extérieur.

La responsabilité de ce constat peut être partagée :

- Les modes de vie à l'intérieur des logements ont changé,
- Les systèmes de ventilation ne sont pas toujours utilisés et maintenus comme ils le devraient,
- Le lien obligatoire entre ventilation et isolation performante synonyme de bonne performance énergétique, de confort et de pérennité du bâti n'est pas connu.

Le Plan National Santé Environnement a intégré dans ses objectifs de mieux connaître les déterminants de la qualité de l'air intérieur. Un observatoire a été créé pour rassembler la connaissance et l'expertise au niveau français : l'OQAI, Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur ([www.air-interieur.org](http://www.air-interieur.org)).

*« Les citoyens passent environ 90% de leur temps à l'intérieur : logement, lieu de travail, transports, loisirs, école... Les concentrations de polluants peuvent être plus importantes que dans l'air extérieur. Le renforcement et l'extension des activités menées par l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI) permettraient d'évaluer l'exposition de la population aux polluants de l'air dans les environnements intérieurs (habitat individuel, lieux publics, écoles, bureaux...) et d'en identifier les principales sources en vue d'élaborer les mesures de prévention et de réduction des risques sanitaires. A partir de ces travaux, des indices de qualité d'air intérieur seraient développés, pouvant ensuite donner lieu à des recommandations. »*

Il n'en reste pas moins vrai que des réglementations relatives à l'aération des locaux, quelle que soit leur destination, doivent être respectées dès la construction et leurs performances doivent être entretenues et contrôlées en exploitation. Les mesures d'hygiène de vie ne doivent pas être oubliées. Aucun plan ne peut se substituer au respect de ces règles de base.

Il est en effet important de rappeler que la fonction de la ventilation est essentielle pour garantir :

- l'évacuation de la vapeur d'eau et des produits de combustion liés à l'activité domestique,
- la satisfaction de l'hygiène et des besoins en oxygène ainsi que le maintien d'une humidité correcte pour limiter le dessèchement et éviter les moisissures et les acariens,
- la limitation de la pollution intérieure engendrée par l'utilisation de produits fortement émetteurs de polluants, les modes de vie des personnes...

La qualité de l'air intérieur dépend donc en grande partie de la qualité du système de ventilation, de son dimensionnement, de son réglage et son entretien. Il faut également veiller à ce que les prises d'air neuf se situent en dehors d'une zone polluée.

Un air intérieur de qualité combiné avec des impacts faibles des bâtiments sur l'environnement, en particulier de faibles consommations d'énergie, nécessite de concilier renouvellement d'air et isolation, et d'utiliser des produits de construction, du mobilier, des produits d'entretien dont les impacts sanitaires sont maîtrisés.

## 3-1 Les polluants prioritaires selon l'OQAI

Près d'une centaine de polluants de l'air intérieur des bâtiments a fait l'objet d'une hiérarchisation sanitaire par le groupe d'experts (en métrologie, épidémiologie et chimie) de l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur.

Cette classification des substances néfastes pour la santé permet de disposer d'une vision des enjeux sanitaires liés à la présence potentielle de ces substances dans l'air. Elle tient compte de facteurs variés comme les niveaux d'exposition observés, la fréquence d'apparition relevée dans les bâtiments, la traçabilité de certaines sources ainsi que la toxicité à court et long terme.

- 7 substances « hautement prioritaires » (Groupe A) : formaldéhyde, benzène, acétaldéhyde, particules, radon, di-éthylhexyl phtalate (DEHP) et dichloros.
- 12 substances « très prioritaires » (Groupe B) : dioxyde d'azote, allergènes de chiens, acariens, toluène, trichloroéthylène, plomb, tétrachloroéthylène, dieldrine, allergènes de chat, aldrine, paraffines à chaîne courte, et monoxyde de carbone.
- 51 substances « prioritaires » (groupe C) parmi lesquelles : des biocides, les champs électromagnétiques très basse fréquence, des composés organiques volatils, des éthers de glycol, les endotoxines, des phtalates, des organoétains et les FMA.
- 22 substances « non prioritaires » (Groupe D) parmi lesquelles : 1,1,1-trichloréthane, des biocides, des phtalates, des alkyls phénols et des organoétains.
- 8 substances « inclassables ».

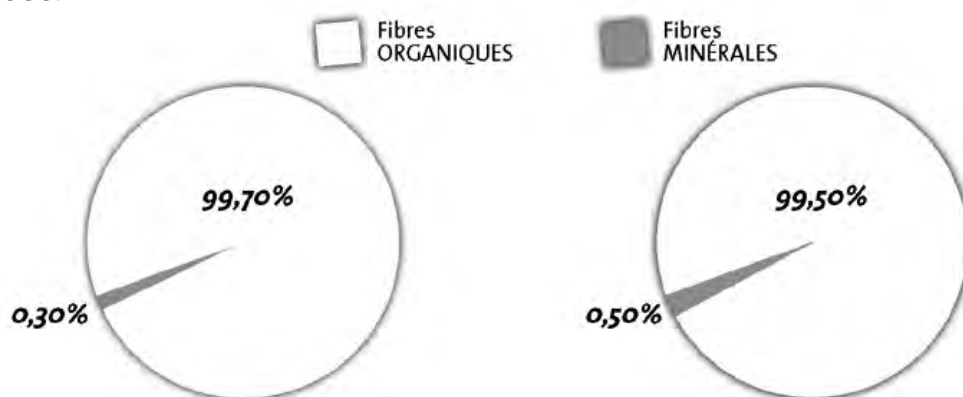
Cette hiérarchisation a servi de base de réflexion à la sélection des polluants ou familles de polluants à mesurer lors de la campagne nationale dans les logements. Les fibres minérales artificielles n'ont ainsi pas été retenues pour la campagne de prélèvement réalisée de 2003 à 2005. Les campagnes de mesures de l'OQAI ont porté sur les mesures des aldéhydes, des composés organiques volatils (COV), des biocides, des particules, des allergènes domestiques et le monoxyde de carbone.

## 3-2 Les fibres

L'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur a mesuré les concentrations dans l'air ambiant des fibres minérales lors de son étude pilote en 2002. Ces résultats, d'après l'OQAI, n'ont pas montré « de spécificité apparente des espaces intérieurs. Les valeurs mesurées sont de l'ordre de  $10^{-4}$  fibres par litre sans différence marquée entre l'extérieur et l'intérieur pour l'ensemble des sites mesurés. »

L'analyse de ces résultats et la hiérarchisation des polluants réalisées par le groupe d'experts de l'OQAI ont abouti à la décision de ne pas refaire de mesures de concentrations en fibres dans l'air intérieur des logements lors de leur campagne de 2003-2005.

Les fibres de laines minérales ne représentent qu'une infime partie des particules et fibres respirables présentes dans l'air ambiant. Dans les locaux à usage privé ou collectif, les niveaux d'exposition sont de l'ordre de 0,0002 à 0,005 fibre/ml, soit  $1/200^{\text{ème}}$  de la Valeur Limite d'Exposition professionnelle (Schneider, 1995).



Source : Nielsen O. « Made-made mineral fibre in the indoor », 1987.

Source : Dodgson J., Harrison G.E., Cherrie J., Sneddon E. « Assessment of airborne mineral wool fibre in domestic houses ». IOM report n°TM/87/12.

Figure 5 : Les fibres respirées dans l'air intérieur

## 3-3 Les composés organiques volatils (COV)

Les composés organiques sont des molécules composées essentiellement de carbone et d'oxygène. On les nomme volatils quand ils peuvent s'évaporer à température ambiante à des degrés divers et se retrouver ainsi dans l'air. Les COV sont souvent plus nombreux et plus concentrés à l'intérieur qu'à l'extérieur compte tenu de la multiplicité des sources intérieures.

Selon l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur, les aldéhydes appartiennent à la famille des COV. Le composé le plus connu est le formaldéhyde. Il est présent dans de très nombreux produits d'usage courant : laques, colles, vernis, encres, résines, papier, produits ménagers, pesticides... La plupart des bois agglomérés et contreplaqués (meublier, matériaux de construction) en contiennent. Il est également utilisé dans certains médicaments, cosmétiques et textiles. Certains de ces produits sont réglementés dans de nombreux pays dont la France comme les mousses urée-formaldéhyde utilisées pour l'isolation.

Le liant utilisé pour la plupart des produits d'isolation en laine minérale est à base de résine thermodurcissable. Il est parfaitement polymérisé pendant la production, lors de son passage dans une étuve (cf. partie 1.4.3). A la suite d'une réaction chimique et thermique, il devient dur et ne contient plus que des traces de formaldéhyde susceptible de s'échapper du produit lors de la pose ou de l'utilisation. Sa fonction principale est de lier les fibres entre elles. Il contribue également à donner aux produits leurs propriétés mécaniques.

Pour les laines minérales, un dégagement de formaldéhyde peut se produire dans un seul cas : lorsque le produit est porté à une température supérieure à 200°C environ, ce qui entraîne une dégradation thermique de l'encollage polymérisé. À noter que cette dégradation n'a lieu qu'une fois lors de la première mise en chauffe de l'équipement isolé. Cette température est atteinte uniquement dans des applications industrielles (isolation de conduites de fluides chauds dans l'industrie chimique par exemple) ou lors du premier nettoyage par pyrolyse d'un four électrique domestique. Dans ce dernier cas, une bonne ventilation doit être assurée pendant la courte durée de ce dégagement. Il existe des produits sans liant pour ces applications spécifiques.

### 3-3-1 Information sur les produits

Depuis le 1<sup>er</sup> septembre 2013, les produits de construction et de décoration portent une étiquette qui indique, de manière simple et lisible, leur niveau d'émission en polluants volatils<sup>9</sup>.

Les produits concernés par cette nouvelle réglementation sont les produits de construction ou de revêtement de parois amenés à être utilisés à l'intérieur des locaux, ainsi que les produits utilisés pour leur incorporation ou leur application. Sont ainsi concernés cloisons, revêtements de sols, isolants, peintures, vernis, colles, adhésifs... dans la mesure où ceux-ci sont destinés à un usage intérieur.

Le niveau d'émission du produit est indiqué par une classe allant de A+ (très faibles émissions) à C (fortes émissions), selon le principe déjà utilisé pour l'électroménager ou les véhicules.



Les laines minérales sont étiquetées A ou A+.

<sup>9</sup> Décret n° 2011-321 du 23 mars 2011 relatif à l'étiquetage des produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol et des peintures et vernis sur leurs émissions de polluants volatils. Arrêté du 19 avril 2011 relatif à l'étiquetage des produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol et des peintures et vernis sur leurs émissions de polluants volatils.

## Cas des plafonds suspendus

La norme européenne des plafonds suspendus, NF EN 13 964, prévoit que la déclaration de performance (DOP) comporte la classification relative aux émissions de formaldéhyde (cf. figure 6). Les étiquettes des produits portent la mention E1 (produit dont les émissions sont inférieures à 0,124 mg/m<sup>3</sup> d'air) ou E2 (émissions supérieures à 0,124 mg/m<sup>3</sup> air). Les essais sont menés selon la norme ENV 717-1.

 Année d'apposition marquage CE : 05	DoP n° 0007-02 www.xxxxxxxx.com/DoP-0007-02 Code d'identification unique du produit type : Plafonds suspendus EN 13964 : 2004 Organisme notifié n° 0579 Réaction au feu/Reaction to fire : A2 s1 d0 Absorption acoustique/Sound absorption : $\alpha_w = 1$ Rejet de formaldéhyde/Release of formaldehyde : Classe E1	 <b>A+</b> A+ A B C
	Éléments d'habillage de plafonds suspendus  <b>Nom du plafond</b> <b>Couleur / Color (.....)</b> Longueur x Largeur x Epaisseur mm	
1 colis / package = Nbr Panneaux / Panels = Nbr m <sup>2</sup>		
CODE ARTICLE <b>1183</b>	 1183	Nom et adresse de la société distributrice  Date de fabrication JJ/MM/AA

Figure 6 : Modèle neutre d'étiquette marquage CE de plafond

## 3-3-2 Études sur la qualité de l'air intérieur

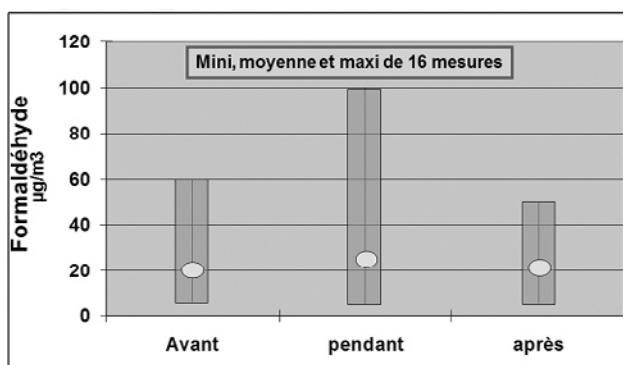
De nombreuses mesures normalisées de formaldéhyde ont été réalisées dans l'air ambiant, à l'intérieur des locaux isolés avec des laines minérales manufacturées (Tiesler et al, 1983 ; Marutzky et al, 1993 ; TNO, 1994 ; sans auteur, 1993 ; CEE, 1990). Dans ces études, les résultats sont à des niveaux de concentration très faibles, en deçà de la valeur guide de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), à savoir 0,1 mg/m<sup>3</sup> ou 100 µg/m<sup>3</sup>.

Référence bibliographique	Niveaux de concentration mg/m <sup>3</sup>
TNO, 1994	0,009 à 0,037
Marutzky, 1993	< 0,08
Tiesler, 1983	< 0,08

Tableau 14 : Niveaux de concentration en formaldéhyde dans l'air de locaux isolés avec des laines minérales manufacturées

D'autres études plus récentes ont été réalisées pour quantifier l'influence éventuelle des laines minérales sur la qualité de l'air intérieur et plus particulièrement sur la teneur en formaldéhyde dans l'air intérieur :

- Des mesures réalisées à la demande du FILMM sur divers chantiers de pose de laines minérales en 2006 et 2007 ont montré que les concentrations de formaldéhyde dans l'air ambiant des pièces en chantier le lendemain de la pose de l'isolant sont similaires aux concentrations la veille de la pose (voir figure ci-dessous).



- Une autre étude, non publiée, réalisée par le Dipartimento di Traumatologia, Ortopedia e Medicina del Lavoro de l'Università degli Studi di Torino (Italie) a montré des résultats similaires. Des mesures de la concentration en formaldéhyde ont été réalisées entre mars 2006 et janvier 2007 dans 3 pièces d'un bâtiment de l'Université de Turin en phase finale de construction : deux pièces de bureau et un amphithéâtre. Dans les bureaux, la teneur en formaldéhyde dans l'air ambiant était toujours inférieure à la valeur guide de l'Organisation Mondiale de la Santé et à la valeur guide française applicable à compter du 1<sup>er</sup> janvier 2015 (30 µg/m<sup>3</sup>). Les divers travaux réalisés ont fait varier cette concentration avec un maximum, pour les deux bureaux, après la mise en place des meubles à base de bois agglomérés. Dans cette étude, il est aussi montré qu'après la pose de l'isolant en laine minérale, la teneur en formaldéhyde de la pièce nouvellement isolée est du même ordre de grandeur qu'avant la pose. Les deux graphiques ci-dessous donnent l'évolution de la concentration en formaldéhyde dans l'air ambiant d'un des deux bureaux et de l'amphithéâtre. Dans ce dernier, l'influence de la mise en place des meubles est négligeable, probablement à cause du rapport entre quantité de meubles et volume de la pièce, beaucoup plus grand pour l'amphithéâtre que pour les bureaux.

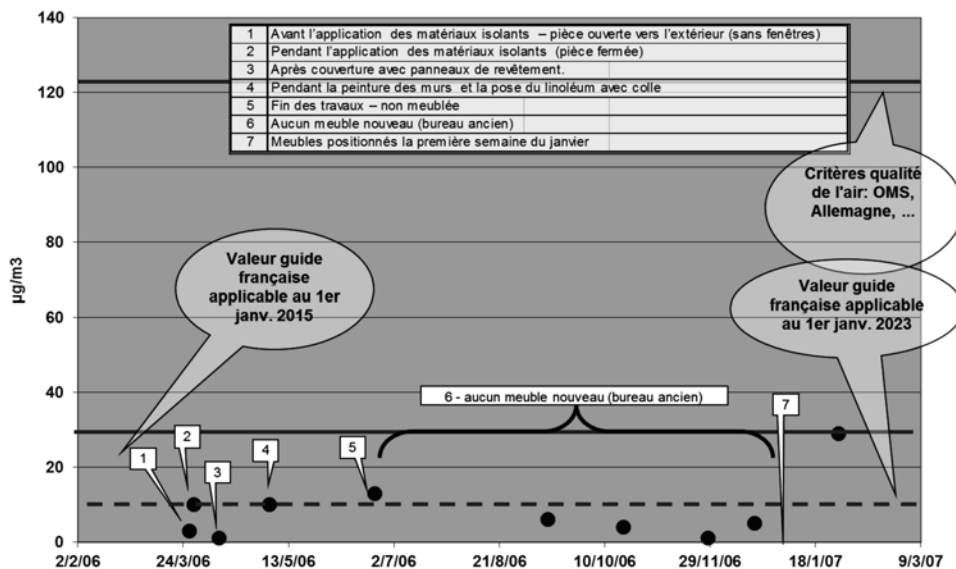


Figure 7 : Suivi de la teneur en formaldéhyde dans l'air ambiant d'un bureau de l'Université de Turin en fin de travaux

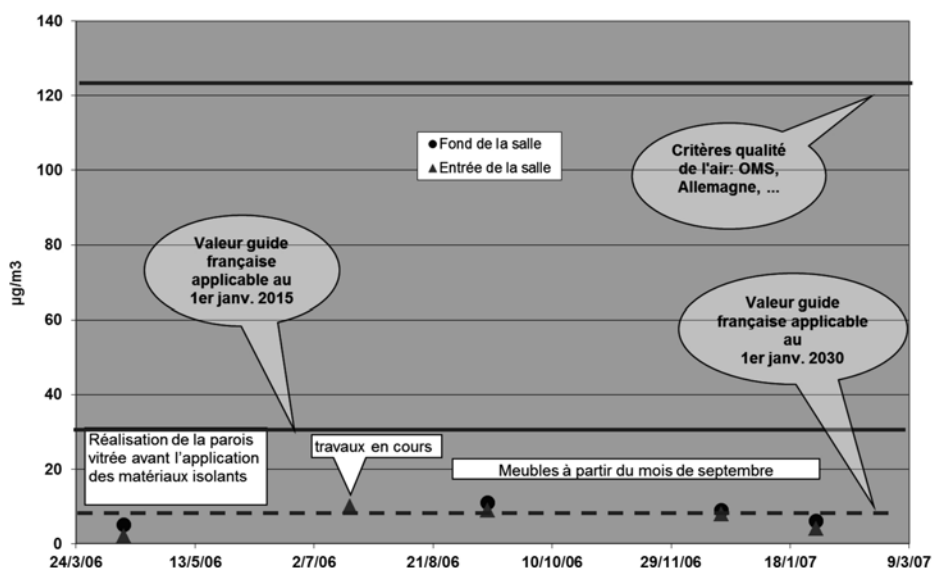


Figure 8 : Suivi de la teneur en formaldéhyde dans l'air ambiant d'un amphithéâtre de l'Université de Turin en fin de travaux



- Une étude réalisée par le Fraunhofer WKI (Allemagne) en 2007 dans des conditions de laboratoire a permis de confirmer ces mesures sur chantiers (The effect of building products on indoor air quality in a test house. S. Mentese. *Indoor Air 2008*. 17-22 August 2008. Copenhagen, Denmark - Paper ID : 66). Une pièce en structure bois de 12 m<sup>3</sup> était placée dans une chambre de 48 m<sup>3</sup> conditionnée en température, humidité relative et renouvellement d'air. Dans cette pièce ont été installés successivement l'isolation, un revêtement de sol et des meubles. Là aussi l'impact des isolants en laine minérales a été mesuré comme non significatif. D'autres polluants tels que les composés organiques volatils et les particules ont été mesurés sans identifier un quelconque impact des laines minérales sur une éventuelle pollution de l'air intérieur.

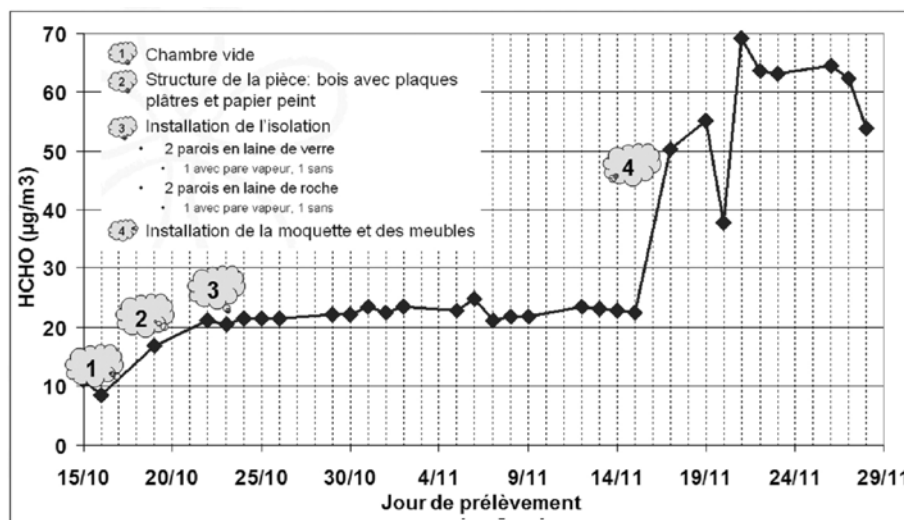


Figure 9 : Evolution de la concentration en formaldéhyde dans l'air d'une pièce en condition de laboratoire

- Enfin, une étude menée également en laboratoire mais avec des petites chambres de tests a également montré que les laines minérales dans les conditions réelles d'utilisation, par exemple derrière une plaque de plâtre, n'ont pas d'impact significatif sur la pollution de l'air intérieur (Formaldehyde emissions from Man-Made Mineral Fibre products. R. Oppl. *Healthy building*. 2006).

Enfin, la dernière campagne « Logements » de l'OQAI a relevé également les concentrations en formaldéhyde dont les résultats sont donnés ci-dessous :

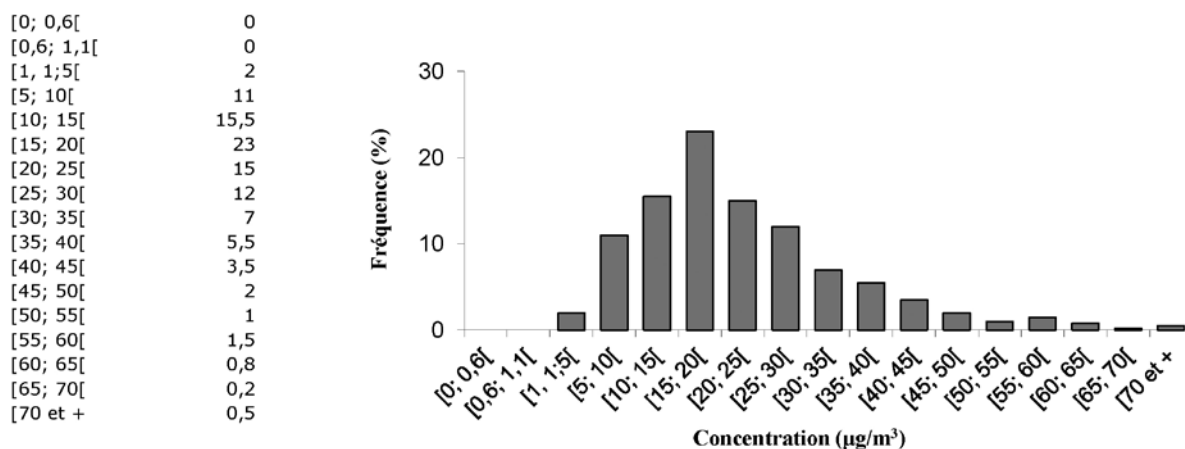


Figure 10 : Concentration en formaldéhyde – chambre principale ou pièce assimilée – Répartition pondérée des logements (source : OQAI – Rapport de novembre 2006 / Mis à jour en mai 2007)

L'Observatoire travaille à l'analyse de résultats, en particulier pour déterminer les principaux facteurs pouvant expliquer ces résultats.

Ces mesures montrent que 95% des logements en France sont conformes au critère de qualité de l'air défini par le gouvernement canadien ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) et 100% sont conformes au critère de qualité de l'air allemand ( $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Ces deux critères sont récents et prennent en compte toutes les dernières informations toxicologiques. Des études montrent que ces seuils protègent les personnes, même les plus sensibles comme les asthmatiques.

Par ailleurs, la réglementation française impose la surveillance des bâtiments recevant du public (décret n° 2012-14 du 5 janvier 2012 relatif à l'évaluation des moyens d'aération et à la mesure des polluants effectuées au titre de la surveillance de la qualité de l'air intérieur de certains établissements recevant du public) et a fixé des valeurs-guides pour l'air intérieur pour le formaldéhyde et le benzène (décret n° 2011-1727 du 2 décembre 2011).



# CONCLUSION

Les laines minérales ont été largement étudiées depuis de nombreuses années par des chercheurs internationaux reconnus. Sur la base de toutes ces études, les experts du Centre International de Recherche sur le Cancer les ont classées comme « *Ne pouvant pas être classées comme cancérigène pour l'homme* ».

Les fibres des laines minérales (de verre, de roche et de laitier) commercialisées en France par l'ensemble des industriels du FILMM bénéficient de l'exonération de la classification cancérigène, en application de la note « Q » du Règlement européen (CE) n° 1272/2008. Pour garantir dans le temps que les produits mis sur le marché sont constitués de fibres exonérées de classement cancérigène au sens de ce Règlement, les industriels du FILMM font certifier leurs produits depuis de nombreuses années par l'European Certification Board for Mineral Wool Products (EUCEB). De plus, elles ne sont pas classées irritantes (Directive 2009/2/CE du 15 janvier 2009).

**Les industriels du FILMM fabriquent et mettent sur le marché des produits en laine minérale de verre, de roche et de laitier fiables et sûrs.**

**Ces produits contribuent de manière importante à la protection de l'environnement par la réduction de la consommation énergétique et aux émissions atmosphériques qui y sont associées.**

**Les produits en laine minérale peuvent donc être utilisés en toute sérénité pour se protéger du froid, du chaud, du bruit et du feu.**



# BIBLIOGRAPHIE

Les références sont classées par ordre alphabétique.

**Annual report of the committees on toxicity, mutagenicity, carcinogenicity on the chemicals in foods, consumer products and the environment.** 1994; 38-39.

Abbate C., Giorgianni C., Brecciaroli R., Giacobbe G., Costa C., Cavallari V., Albiero F., Catania S., Tringali M.A., Martino L.B., Abbate S. **Changes induced by exposure of the human lung to glass fiber-reinforced plastic.** *Environmental Health Perspectives.* 2006; 114(11): 1725-1729.

Abdel-Kader H.M., Rando R.J., Hammad Y.Y. **Long term cotton dust exposure in the textile industry.** *American Industrial Hygiene Association Journal.* 1987; 48(6): 545-550.

Achard-Ellouk S., Jaurand M.C. **Review on animal/in vitro data on biological effects of man-made fibers.** *Environmental Health Perspectives.* 1994; 102 Suppl 2: 47-61.

Adachi S., Kawamura K., Takemoto K. **A trial on the quantitative risk assessment of man-made mineral fibers by the rat intraperitoneal administration assay using the JFM standard fibrous samples.** *Industrial Health.* 2001; 39(2): 168-174.

Adachi S., Takemoto K., Kimura K. **Tumorigenicity of fine Man-Made Fibers after intratracheal administrations to hamsters.** *Environmental Research.* 1991; 54(1): 52-73.

Adamis Z., Kerényi T., Honma K., Jäckel M., Tátrai E., Ungváry G. **Study of inflammatory responses to crocidolite and basalt wool in the rat lung.** *Journal of Toxicology and Environmental Health Part A.* 2001; 62(5): 409-415.

AFNOR. **NFT 03-410 - Fibres minérales artificielles utilisées par projection dans le bâtiment. Solubilité in vitro.** 1998.

AFNOR. **NF ISO 11014-1 - Fiches de données de sécurité pour les produits chimiques. Partie 1 : contenu et plan type.** 1984; 8 p.

AFNOR. **NFT 03-400 - Fibres minérales artificielles - Détermination de la biopersistance pulmonaire chez le rat - Essai par inhalation.** 1997.

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). **Technical briefing paper: Health effects from exposure to fibrous glass, rock wool, or slag wool.** 2002; 12, 205-1999-00024: 1-27.

Albin M., Engholm G., Hagmar L, Hallin N. **Impact of exposure to insulation wool on lung function and cough in Swedish construction workers.** *Journal of Occupational and Environmental Medicine.* 1998; 55(10): 661-667.

Alexander I.C., Brown R.C., Jubb G.A., Pickering P., Hoskins J.A. **Durability of ceramic and novel Man-Made Mineral Fibers.** *Environmental Health Perspectives.* 1994; 102 Suppl 5: 67-71.

Andersen A., Langmark F. **Incidence of cancer in the mineral wool producing industry in Norway.** *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health.* 1986; 12 Suppl 1: 72-77.

Andujar P., Lecomte C., Renier A., Fleury-Feith J., Kheuang L., Daubriac J., Janin A., Jaurand M.C. **Clinicopathological features and somatic gene alterations in refractory ceramic fibre-induced murine mesothelioma reveal mineral fibre-induced mesothelioma identities.** *Carcinogenesis.* 2007; 28(7):1599-1605.

Anonymous. **Contributions to the IARC study on mortality and cancer incidence among Man-Made Mineral Fiber production workers.** *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health.* 1986; 12 Suppl 1: 5-93.

Anonymous. **Guideline for protection of occupational hazards in the use of synthetic vitreous fibre insulation wools.** *People's Medical Publishing House.* 2007; 17 p.

APPE, EURIMA, ECFIA. **Man-Made Mineral Fibres: definitions and classification proposals.** 1991; 16 p et 3 annexes.

Aresini G. **Esposizione ambientale e occupazionale a fibre vetrose: iniziative della commissione europea. [Environmental and occupational exposure to vitreous fibers: the initiatives of the European Commission].** *Medicina del Lavoro.* 1999; 90(1): 84-87.

Ascoli V., Cavone D., Merler E., Barbieri P.G., Romeo L., Nardi F., Musti M. **Mesothelioma in blood related subjects: report of 11 clusters among 1954 Italy cases and review of the literature.** *American Journal of Industrial Medicine.* 2007; 50(5): 357-369.

Aung W., Hasegawa S., Furukawa T., Saga T. **Potential role of ferritin heavy chain in oxidative stress and apoptosis in human mesothelial and mesothelioma cells: implications for asbestos-induced oncogenesis.** *Carcinogenesis.* 2007; 28(9): 2047-2052.

Baan R.A. **Carcinogenic hazards from inhaled carbon black, titanium dioxide, and talc not containing asbestos or asbestiform fibers: recent evaluations by an IARC Monographs Working Group.** *Inhalation Toxicology.* 2007; 19 Suppl 1: 213-228.

Baccarelli A., Khmel'nitskii O., Tretiakova M., Gorbanev S., Lomtev A., Klimkina I., et al. **Risk of lung cancer from exposure to dusts and fibers in Leningrad Province, Russia.** *American Journal of Industrial Medicine.* 2006; 49(6): 460-467.

Backer M., Kempf E., Mattes L. **Konzentrationen kunstlicher Mineralfasern bei der Demontage und Montage von Isolierungen in Wärmekraftwerken.** *Staub, Reinhaltung der Luft.* 1995; 55: 293-298.

Bailar J.C. **Inhalation hazards: the interpretation of epidemiologic evidence. Integration and Extrapolation Using Diverse Data.** *Assessment of Inhalation Hazards. ILSI Monographs.* 1989; 39-48.

Baillif P., Chouikhi B., Touray J.C. **Dissolution mechanisms of boro-silicate glass fibres in saline solution with added dissolved silica.** *Journal of Materials Science.* 2000; 35(4): 967-973.

Baillif P., Touray J.C. **Chemical behavior of aluminum and phosphorus during dissolution of glass fibers in physiological saline solutions.** *Environmental Health Perspectives.* 1994; 102 Suppl 5: 77-81.

Bake B., Larsson S., Mossberg B. **Chronic bronchitis in non-smokers.** *European journal of respiratory diseases.* 1982; 63.

Bálásházy I., Moustafa M., Hofmann W., Szöke R., El-Husseini A., Ahmed A.R. **Simulation of fiber deposition in bronchial airways.** *Inhalation Toxicology.* 2005; 17(13): 717-727.

Balbosh A., Kern M. **Effect of surface treatment on retention of glass-fiber endodontic posts.** *Journal of Prosthetic Dentistry.* 2006; 95(3): 218-223.

Barlow S.M., Sullivan F.M. **Acrylonitrile.** *Reproductive hazards of industrial chemicals.* Academic Press. London. 1982; 50-54.

Baron P., Deye G., Aizenberg V., Castranova V. **Generation of size-selected fibers for a nose-only inhalation toxicity study.** *Inhaled Particles IX. Proceedings of an International Symposium on Inhaled Particles. The Annals of Occupational Hygiene.* 2002; 46 Suppl 1: 186-190.

Bauer J.F., Law B.D., Roberts K.A. **A Study of the solubility and durability of Man-Made Mineral Fiber in a synthetic physiological fluid.** *Presented at the Environmental Chemistry Symposium, 30th Rocky Mountain Conference, Denver CO.* 1988.

Bauer J.F., Law B.D., Hesterberg T.W. **Dual pH durability studies of man-made vitreous fibres (MMVF).** *Environmental Health Perspectives.* 1994; 102 Suppl 5: 61-65.

Bayliss D.L., Dement J.M., Wagoner J.K., Blejer H.P. **Mortality patterns among fibrous glass production workers - provisional report.** *In: Occupational Exposure to Fibrous Glass. Proceedings of a Symposium, Maryland. DHEW Publication N° NIOSH 76-151.* 1976; 349-363.

Bayliss D.L., Dement J.M., Wagoner J.K., Blejer H.P. **Mortality patterns among fibrous glass production workers.** *Annals of the New York Academy of Sciences.* 1976; 271: 324-335.

Bellmann B., Muhle H. **Biopersistence of various types of mineral fibres in the rat lung after intratracheal application.** *Presentation to BOHS Inhaled Particles VIII Conference. Cambridge, England.* 1996

Bellmann B., Muhle H. **Untersuchung der in-vivo-Löslichkeit von glasigen silicatischen Faserstäuben. [Investigations of the in-vivo solubility of vitreous silicatic fibrous dust samples].** *Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. Forschung.* 1999.

Bellmann B., Muhle H., Creutzenberg O., Ernst H., Müller M., Bernstein D.M., Riego Sintes J.M. **Calibration study on subchronic inhalation toxicity of Man-Made Vitreous fibers in rats.** *Inhalation Toxicology.* 2003; 15(12): 1147-1177.

Bellmann B., Muhle H., Ernst H., Pohlmann G., Sebastien P., Brown R.C. **Subchronic studies on man-made vitreous fibres: kinetics of inhaled particles.** *Inhaled Particles IX. Proceedings of an International Symposium on Inhaled Particles. The Annals of Occupational Hygiene.* 2002; 46 Suppl 1: 166-169.

Bellmann B., Muhle H., Kamstrup O., Draeger U.F. **Investigation on the durability of Man-Made Vitreous Fibers in rat lungs.** *Environmental Health Perspectives.* 1994; 102 Suppl 5: 185-189.

Bellmann B., Muhle H., Pott F., König H., Klöppel H., Spurny K. **Persistence of Man-Made Mineral Fibres (MMM) and Asbestos in Rat Lungs.** *Annals of Occupational Hygiene.* 1987; 31(4B): 693-709.

Bellmann B., Schaeffer H.A., Mulhe H. **Impact of variations in the chemical composition of vitreous mineral fibers on biopersistence in rat lungs and consequences for regulation.** *Inhalation Toxicology.* 2010; 22(10): 817-827.

Below J.E., Cox N.J., Fukagawa N.K., Hirvonen A., Testa J.R. **Factors that impact susceptibility to fiber-induced health effects.** *Journal of Toxicology and Environmental Health Part B: Critical Reviews.* 2011; 14(1-4): 246-266.

Bergonnier S., Hild F., Rieunier J.B., Roux S. **Strain heterogeneities and local anisotropy in crimped glass wool.** *Journal of Materials Science.* 2005; 40(22): 5949-5954.

Bergonnier S., Hild F., Roux S. **Strain heterogeneities in tension and compression tests on mineral wool samples.** *Journal of Strain Analysis.* 2005; 40(2): 185-197.

Berman D.W. **Comparing milled fiber, Quebec ore, and textile factory dust: Has another piece of the asbestos puzzle fallen into place?** *Critical Reviews in Toxicology*. 2010; 40(2): 151-188.

Berman D.W., Crump K.S. **A meta-analysis of asbestos-related cancer risk that addresses fiber size and mineral type.** *Critical Reviews in Toxicology*. 2008; 38 Suppl 1:49-73.

Bermudez E., Mangum J.B., Moss O.R., Wong B.A., Everitt J.I. **Pleural dosimetry and pathobiological responses in rats and hamsters exposed subchronically to MMVF 10a fiberglass.** *Toxicological Sciences*. 2003; 74(1):165-173.

Bernstein D.M. **Ein Vergleich des Inhalationsmit dem Intraperitonealinjektions-Model.zur Einschätzung der Kanzerogenität von natürlichen, mineralischen Fasern und Glasfasern bei Ratten. [An evaluation of the use of an inhalation model versus intraperitoneal injection model for the assessment in rats of the carcinogenicity of natural and Man-Made Vitreous Fibres].** *Zbl Arbeitsmed*. 1993; 43:120-128.

Bernstein D.M. **Special-purpose fiber type 475--toxicological assessment.** *Inhalation Toxicology*. 2007; 19(2):149-159.

Bernstein D.M. **Synthetic vitreous fibers: a review toxicology, epidemiology and regulations.** *Critical Reviews in Toxicology*. 2007; 37(10):839-886.

Bernstein D.M., Dachowsky P., Morscheidt C. **New biosoluble insulation fibres.** *Toxicology letters*. 1998; 95 Suppl 1: 224.

Bernstein D.M., Drew R.T., Kuschner M. **Experimental approaches for exposure to sized glass fibers.** *Environmental Health Perspectives*. 1980; 34: 47-57.

Bernstein D.M., Drew R.T., Schidlowsky G., Kuschner M. **Pathogenicity of MMMF and the contrasts with natural fibres.** In: *Biological effects of man-made mineral fibres*. 1984; 1: 169-195.

Bernstein D.M., Mast R., Anderson R., Hesterberg T.W., Musselman R., Kamstrup O., Hadley J. **An experimental approach to the evaluation of the biopersistence of respirable synthetic fibers and minerals.** *Environmental Health Perspectives*. 1994; 102 Suppl 5: 15-18.

Bernstein D.M., Morscheidt C., Grimm H.G., Thévenaz P., Teichert U. **Evaluation of soluble fibers using the inhalation biopersistence model, a nine-fiber comparison.** *Inhalation Toxicology*. 1996; 8: 345-385.

Bernstein D.M., Morscheidt C., Tiesler H., Grimm H.G., Thévenaz P., Teichert U. **Evaluation of the biopersistence of commercial and experimental fibers following inhalation.** *Inhalation Toxicology*. 1995; 7: 1031-1058.

Bernstein D.M., Rogers R.A., Sepulveda R., Donaldson K., Schuler D., Gaering S., Kunzendorf P., Chevalier J., Holm S.E. **Quantification of the pathological response and fate in the lung and pleura of chrysotile in combination with fine particles compared to amosite-asbestos following short-term inhalation exposure.** *Inhalation Toxicology*. 2011; 23(7): 372-391.

Bernstein D.M., Rogers R.A., Sepulveda R., Donaldson K., Schuler D., Gaering S., Kunzendorf P., Chevalier J., Holm S.E. **The pathological response and fate in the lung and pleura of chrysotile in combination with fine particles compared to amosite asbestos following short-term inhalation exposure: interim results.** *Inhalation Toxicology*. 2010; 22(11): 937-962.

Bernstein D.M., Riego Sintes J.M. **Methods for the determination of the hazardous properties for human health of man made mineral fibers (MMMF).** *European Commission Joint Research Centre*. Institute



for Health and Consumer Protection. Unit: Toxicology and Chemical Substances. European Chemicals Bureau. 1999; 93 p.

Bernstein D.M., Riego Sintes J.M., Ersboell B.K., Kunert J. **Biopersistence of synthetic mineral fibers as a predictor of chronic inhalation toxicity in rats.** *Inhalation Toxicology*. 2001; 13(10): 823-849.

Bernstein D.M., Riego Sintes J.M., Ersboell B.K., Kunert J. **Biopersistence of synthetic mineral fibers as a predictor of chronic intraperitoneal injection tumor response in rats.** *Inhalation Toxicology*. 2001; 13(10): 851-875.

Berrigan D. **Respiratory cancer and exposure to man-made vitreous fibers: A systematic review.** *American Journal of Industrial Medicine*. 2002; 42(4): 354-362.

Berry G. **Models for mesothelioma incidence following exposure to fibers in terms of timing and duration of exposure and the biopersistence of the fibers.** *Inhalation Toxicology*. 1999; 11(2): 111-130.

Berry J.P., Galle P. **Phagocytosis by alveolar cells studied by electron microscopy and microanalysis: comparison of two types of particles.** *Environmental Research*. 1980; 23(2): 247-256.

Bertazzi P.A., Zocchetti C., Riboldi L., Pesatori A., Radice L., Latocca R. **Cancer mortality of an Italian cohort of workers in man-made glass-fiber production.** *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*. 1986; 12 Suppl 1: 65-71.

Bertrand R., Perezat H. **Fibrous glass: carcinogenicity and dimensional characteristics.** In: *Biological effects of mineral fibres*. Edited by J.C. Wagner. IARC Scientific publications. Lyon. 1980; 2(30): 901-911.

BAT (Best Available Techniques). **Reference Document for the Manufacture of Glass.** *Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control)*. 2012.

Bignon J. **Mineral fibres in the non-occupational environment.** In: *Non-Occupational Exposure to Mineral Fibres*. Edited by J. Bignon, J. Peto, R. Saracci. IARC Scientific publications. Lyon. 1989; (90): 3-29.

Bignon J., Bernstein D.M., Brochard P., Morscheidt C. **The relationship between four methods of assessing clearance or toxicity of synthetic mineral fibres with chemical composition.** *Annals of Occupational Hygiene*. 1997; 41 Suppl 1: 304-311.

Bignon J., Brochard P., Brown R., Davis J.M., Vu V., Gibbs G, Greim M., Oberdörster G., Sebastien P. **Assessment of the toxicity of man-made fibres. A final report of a workshop held in Paris, France 3-4 february 1994.** *Annals of Occupational Hygiene*. 1995; 39(1): 89-106.

Bignon J., Brochard P., Gaudichet A. **Lung diseases and non asbestos fibres.** *European journal of respiratory diseases*. 1983; 64 Suppl 126: 397-402.

Bignon J., Dufour G., Billon-Galland M.A., Brochard P. **Is there a health hazard for building occupants of airborne mineral fibers exposure?** *Aerobiologia*. 1990; 6(1): 4-7.

Bignon J., Saracci R., Touray J.C. **Introduction: INSERM-IARC-CNRS Workshop on biopersistence of respirable synthetic fibers and minerals.** *Environmental Health Perspectives*. 1994; 102 Suppl 5: 3-5.

Björnberg A. **Glass fiber dermatitis.** *American Journal of Industrial Medicine*. 1985; 8(4-5): 395-400.

Björnberg A., Löwhagen G.B. **Patch testing with mineral wool (Rockwool).** *Acta Dermato-Venereologica*. 1977; 57(3): 257-260.



Bjure J., Soederholm B., Widimsky J. **Cardiopulmonary function studies in workers dealing with asbestos and glasswool.** *Thorax*. 1964; 19: 22-27.

BMBF, HVBG, Muhle H., Sebastian K., Nies E., Barig A. **Fasern - Tests zur Abschätzung der biobeständigkeit und zum Verstaubungsverhalten.** *BIA-Report*. 1998; 369 p.

Boffetta P. **Cancer incidence among European MMVF production workers.** *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*. Draft for publication. 1998.

Boffetta P. **Cancer risk from exposure to man-made mineral fibres.** *The European Journal of Cancer*. 1998; 3: 213-220.

Boffetta P. **Exposure to man-made vitreous fibres and cancer risk: a review of epidemiological studies.** *In: Current asbestos issues. Sourcebook on asbestos diseases*. 1998; 18: 191-218.

Boffetta P. **Multivariate poisson regression analysis of lung cancer mortality among production workers enrolled in the IARC study on Man-Made Fibre industry.** 1991.

Boffetta P., Andersen A., Hansen J., Olsen J.H., Plato N., Teppo L., Westerholm P., Saracci R. **Cancer incidence among European man-made vitreous fiber production workers.** *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*. 1999; 25(3): 222-226.

Boffetta P., Kjaerheim K., Cherrie J., Chang J.C., Eilber U., Ferro G., Guldner K., Hansen J., Olsen J.H., Plato N., Proud D., Saracci R., Westerholm P., Andersen A. **A case-control study of lung cancer among european rock and slag wool production workers.** *Final report*. IARC, International Agency for Research on Cancer. 2000; 112 p.

Boffetta P., Kjaerheim K., Hansen J., Cherrie J., Chang-Claude J., Olsen J.H., Saracci R., Westerholm P., Andersen A. **Study of lung cancer in MMVF workers.** *International Journal of Occupational and Environmental Health*. 2003; 9(2): 169-170.

Boffetta P., Saracci R. **Non-neoplastic mortality of European workers who produce man made mineral fibres - Reply.** *Occupational and Environmental Medicine*. 2000; 57(9): 648.

Boffetta P., Saracci R., Andersen A., Bertazzi P.A., Chang-Claude J., Cherrie J., Ferro G., Frentzel-Beyme R., Hansen J., Olsen J.H., Plato N., Teppo L., Westerholm P., Winter P.D., Zocchetti C. **Cancer mortality among European man-made vitreous fiber production workers.** *American Journal of Epidemiology*. 1997; 8(3): 259-268.

Boffetta P., Saracci R., Andersen A., Bertazzi P.A., Chang-Claude J., Ferro G., Fletcher A.C., Frentzel-Beyme R., Gardner M.J., Olsen J.H., Simonato L., Teppo L., Westerholm P., Winter P., Zocchetti C. **Lung cancer mortality among workers in the European production of Man-Made Mineral Fibers--A Poisson regression analysis.** *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*. 1992; 18: 279-286.

Boffetta P., Saracci R., Ferro G., Andersen A., Bertazzi P.A., Chang-Claude J., Cherrie J., Frentzel-Beyme R., Hansen J., Hemmingson T., Olsen J.H., Plato N., Teppo L., Westerholm P., Winter P.D. **IARC historical cohort study of man-made vitreous fibre production workers in seven European countries. Extension of the mortality and cancer incidence follow-up until 1990.** *IARC Internal Report 95/003*. World Health Organisation, International Agency for Research on Cancer. Lyon. 1995.

Boillat M.A. **Man-made mineral fibres.** *Schweiz Med Wochenschr*. 1999; 129(12): 468-474.

Bonneau P., Lebuissou M.C., Dor L., Montagne C. **Suivi médical des personnels exposés aux poussières de fibres de verre dans l'industrie aéronautique** 1990; 175 p.

Bottin M.C., Vigneron J.C., Rousseau R., Micillino J.C., Eypert-Blaison C., Kauffer E., Martin P., Binet S., Rihn B.H. **Man-made mineral fiber hazardous properties assessment using transgenic rodents: example of glass fiber testing.** *Inhalation Toxicology*. 2003; 15(10): 1017-1027.

Bousfield G. **Synthetic mineral fibres. Greg Bousfield report.** *Occupational Health Review*. 2000; 19-24.

Branchaud R.M., MacDonald J.L., Kane A.B. **Induction of angiogenesis by intraperitoneal injection of asbestos fibers.** *FASEB Journal*. 1989; 3(6): 1747-1752.

Breum N.O., Schneider T., Jørgensen O., Valdbjørn Rasmussen T., Skibstrup Eriksen S. **Cellulosic building insulation versus mineral wool, fiberglass or perlite: installer's exposure by inhalation of fibers, dust, endotoxin and fire-retardant additives.** *Annals of Occupational Hygiene*. 2003; 47(8): 653-669.

Breysse P.N., Lees P.S.J., Corn M. **Review and evaluation of current sampling and analytical techniques for airborne Man-Made Mineral Fibres.** *23rd International Congress on Occupational Health, Montreal. PL-MTG Canada*. 1990.

Breysse P.N., Lees P.S.J., Rooney B.C. **Comparison of NIOSH method 7400 A and B counting rules for assessing synthetic vitreous fiber exposures.** *American Industrial Hygiene Association Journal*. 1999; 60(4): 526-532.

Breysse P.N., Lees P.S.J., Rooney B.C., MacArthur B.R., Miller M.E., Robbins C. **End-user exposures to synthetic vitreous fibers: II. Fabrication and installation fabrication of commercial products.** *Applied Occupational and Environmental Hygiene*. 2001; 16(4): 464-472.

Broaddus V.C., Everitt J.I., Black B., Kane A.B. **Non-neoplastic and neoplastic pleural endpoints following fiber exposure.** *Journal of Toxicology and Environmental Health Part B: Critical Reviews*. 2011; 14(1-4): 153-178.

Brochard P., Laforest J.C. **Utilisation des laines minérales en isolation.** 1993; 1-17.

Brochard P., Pairon J.C., Bignon J. **The occupational physician's point of view: The model of Man-Made Vitreous Fibers.** *Environmental Health Perspectives*. 1994; 102 Suppl 5: 31-36.

Brown D.M., Beswick P.H., Bell K.S., Donaldson K. **Depletion of glutathione and ascorbate in lung lining fluid by respirable fibres.** *Annals of Occupational Hygiene*. 2000; 44(2): 101-108.

Brown D.M., Beswick P.H., Donaldson K. **Induction of nuclear translocation of NF-kappa B in epithelial cells by respirable mineral fibres.** *The Journal of Pathology*. 1999; 189(2): 258-264.

Brown N., Peat J., Mellis C., Woolcock A. **Respiratory health of workers in the Australian glasswool and rockwool manufacturing industry.** *Journal of Occupational Health and Safety Australia and New Zealand*. 1996; 12(3): 319-325.

Brown P.W., Jones A.D. **Interlaboratory comparison schemes for fibre counting: AFRICA and the WHO/EURO reference scheme.** *Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft*. 2001; 61(3): 101-104.

Brown R.C., Davis J.M.G., Douglas D., Gruber U.F., Hoskins J.A., Ilgren E.B., Johnson N.F., Rossiter C.E., Wagner J.C. **Carcinogenicity of the insulation wools: reassessment of the IARC evaluation.** *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 1991; 14: 12-23.

Brown R.C., Bellmann B., Muhle H., Ernst H., Pohlmann G., Sebastien P. **Subchronic studies on man-made vitreous fibres: toxicity results.** Inhaled Particles IX. Proceedings of an International Symposium on Inhaled Particles. *Annals of Occupational Hygiene*. 2002; 46 Suppl 1: 102-104.

Brüske-Hohlfeld I., Möhner M., Pohlabein H., Ahrens W., Bolm-Audorff U., Kreienbrock L., Kreuzer M., Jahn I., Wichmann H.E., Jöckel K.H. **Occupational lung cancer risk for men in Germany: Results from a pooled case-control study.** *American Journal of Epidemiology.* 2000; 151(4): 384-395.

Buchanich J.M., Marsh G.M., Youk A.O. **Historical cohort study of US man-made vitreous fiber production workers: V. Tobacco-smoking habits.** *Journal of Occupational and Environmental Medicine.* 2001; 43(9): 793-802.

Bundesgesundheitsamt (Ed.). **On the chronic health burden from building materials. Zur chronischen Gesundheitsbelastung durch Baustoffe.** *Bundesgesundheitsblatt.* 1984; 27: 192-193.

Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung. **Das neue Arbeitszeitgesetz BVA - Jahresbericht'93. Neufassung der TRG.S'900.** *Bundesarbeitblatt.* 1994; 6:57.

Bunn W.B. 3rd, Bender J.R., Hesterberg T.W., Chase G.R., Konzen J.L. **Recent studies of man-made vitreous fibers.** *Journal of Occupational and Environmental Medicine.* 1993; 35(2): 101-113.

Campopiano A., Zakrzewska M.A., Olori A., Cannizzaro A., Basili F., Ramires D. **Glass fiber exposure assessment during ceiling installation by European Standard EN 689: study of airborne fiber distribution.** *Atmospheric Pollution Research.* 2012 ; 3: 192-198.

Carbonari D., Campopiano A., Ramires D., Strafella E., Staffolani S., Tomasetti M., Curini R., Valentino M., Santarelli L., Amati M. **Angiogenic effect induced by mineral fibres.** *Toxicology.* 2011; 288(1-3): 34-42.

Cardinali G., Kovacs D., Maresca V., Flori E., Dell'Anna M.L., Campopiano A., Casciardi S., Spagnoli G., Torrisi M.R., Picardo M. **Differential in vitro cellular response induced by exposure to synthetic vitreous fibers (SVFs) and asbestos crocidolite fibers.** *Experimental and Molecular Pathology.* 2006; 81(1): 31-41.

Carel R., Olsson A.C., Zaridze D., Szeszenia-Dabrowska N., Rudnai P., Lissowska J., Fabianova E., Cassidy A., Mates D., Bencko V., Foretova L., Janout V., Fevotte J., Fletcher T., 't Mannetje A., Brennan P., Boffetta P. **Occupational exposure to asbestos and man-made vitreous fibres and risk of lung cancer: a multicentre case-control study in Europe.** *Journal of Occupational and Environmental Medicine.* 2007; 64(8): 502-508.

Carpenter J.L., Spolyar L.W. **Negative chest findings in a mineral wool industry.** *Journal of the Indiana State Medical Association.* 1945; 38: 389.

Carr I. **The Macrophage a review of ultrastructure and function.** *New York Academic Press.* 1973; 154 p.

Carter C.M., Axten C.W., Byers C.D., Chase G.R., Koenig A.R., Reynolds J.W., Rosinski K.D. **Indoor airborne fiber levels of MMVF in residential and commercial buildings.** *American Industrial Hygiene Association Journal.* 1999; 60(6): 794-800.

Cavallo D., Campopiano A., Cardinali G., Casciardi S.; De Simone P., Kovacs D., Perniconi B., Spagnoli G.; Ursini C.L., Fanizza C. **Cytotoxic and oxidative effects induced by man-made vitreous fibers (MMVFs) in a human mesothelial cell line.** *Toxicology.* 2004; 201(1-3): 219-229.

CEE. **Directive 67/548/CEE du Conseil, du 27 juin 1967, concernant le rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives relatives à la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances dangereuses.** *JO n°196.* 16 août 1967.

CEE. **Report n°7 Indoor air pollution by formaldehyde in European countries.** *COST project 613.* 1990.

Cherrie J., Dodgson J. **Past exposures to airborne fibers and other potential risk factors in the European Man-Made Mineral Fiber production industry.** *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health.* 1986; 12 Suppl 1: 26-33.

Cherrie J., Dodgson J., Groat S., Maclaren W. **Environmental surveys in the European Man-Made Mineral Fiber production industry.** *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health.* 1986; 12 Suppl 1: 18-25.

Cherrie J., Schneider T., Krantz S. **Retrospective occupational hygiene assessments.** Inhaled Particles VII. Proceedings of an International Symposium on Inhaled Particles. *The Annals of Occupational Hygiene.* 1994; 10 p.

Cherrie J.W., Crawford N.P., Dodgson J. **Problems in assessing airborne Man-Made Mineral Fibre concentrations in relation to epidemiology.** *Annals of Occupational Hygiene.* 1988; 32 Suppl 1: 715-723.

Cherrie J.W., Schneider T., Spankie S., Quinn M. **A new scheme for structured subjective assessment of past concentrations.** *Conference on retrospective assessment of occupational exposures in epidemiology.* Lyon, 13-15 April 1994.

Cherrie J.W., Schneider T. **Validation of a new method for structured subjective assessment of past concentrations.** *Annals of Occupational Hygiene.* 1999; 43(4): 235-245.

Chiappino G. **Le fibre vetrose artificiali: evoluzione delle conoscenze. [Man-made vitreous fibers: current state of knowledge].** *La Medicina del Lavoro.* 1999; 90(1): 5-9.

Chiazze L., Watkins D.K., Fryar C. **A case-control study of malignant and non-malignant respiratory disease among employees of a fibreglass manufacturing facility.** *British Journal of Industrial Medicine.* 1992; 49(5): 326-331.

Chiazze L., Watkins D.K., Fryar C. **Adjustment for the confounding effect of cigarette smoking in an historical cohort mortality study of workers in a fiberglass manufacturing facility.** *Journal of Occupational and Environmental Medicine.* 1995; 37(6): 744-748.

Chiazze L., Watkins D.K., Fryar C., Fayerweather W. **Non-neoplastic mortality of European workers who produce man made mineral fibres.** *Journal of Occupational and Environmental Medicine.* 2000; 57(9): 648.

Chiazze L., Watkins D.K., Fryar C., Fayerweather W., Bender J.R., Chiazze M. **Mortality from nephritis and nephrosis in the fibreglass manufacturing industry.** *Journal of Occupational and Environmental Medicine.* 1999; 56(3): 164-166.

Chiazze L., Watkins D.K., Fryar C., Fayerweather W., Kozono J., Biggs V. **Mortality from non-malignant respiratory disease in the fibreglass manufacturing industry.** *Journal of Occupational and Environmental Medicine.* 2002; 59(6): 369-371.

Chiazze L., Watkins D.K., Fryar C., Kozono J. **A case-control study of malignant and non-malignant respiratory disease among employees of a fibreglass manufacturing facility. Exposure assessment.** *British Journal of Industrial Medicine.* 1993; 50(8): 717-725.

Christensen V.R., Jensen S.L., Guldborg M., Kamstrup O. **Effect of chemical composition of made-made vitreous fibers on the rate of dissolution in vitro at different pHs.** *Environmental Health Perspectives.* 1994; 102 suppl 5: 83-86.

Churg A., Wright J., Gilks B., Dai J. **Pathogenesis of fibrosis produced by asbestos and man-made mineral fibers: What makes a fiber fibrogenic?** *Inhalation Toxicology.* 2000; 12 Suppl 3: 15-26.



- Ciaccia A., Pusinanti F., Beltrami A., Fasano E. **Pneumoconiosi da fibre di lana di roccia.** *Rivista di patologia e clinica della tubercolosi e di pneumologia.* 1978; 49: 305-333.
- Clair B., Alméras T., Yamamoto H., Okuyama T., Sugiyama J. **Mechanical behavior of cellulose microfibrils in tension wood, in relation with maturation stress generation.** *Biophysical Journal.* 2006; 91(3):1128-1135.
- Clarke C.C., Mowat F.S., Kelsh M.A., Roberts M.A. **Pleural plaques: a review of diagnostic issues and possible nonasbestos factors.** *Archives of Environmental & Occupational Health.* 2006; 61(4):183-192.
- Claude J., Frentzel-Beyme R. **A mortality study of workers employed in a German rockwool factory.** *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health.* 1984; 10(3): 151-157.
- Claude J., Frentzel-Beyme R. **Mortality of workers in a German rockwool factory - A second look with extended follow-up.** *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health.* 1986; 12 Suppl 1: 53-60.
- Clausen J., Netterstrøm B., Wolff C. **Lung function in insulation workers.** *British Journal of Industrial Medicine.* 1993; 50(3): 252-256.
- Coggon D., Osmond C., Pannett B., Simmonds S., Winter P.D., Acheson E.D. **Mortality of workers exposed to styrene in the manufacture of glass-reinforced plastics.** *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health.* 1987; 13(2): 94-99.
- Collier C.G. **IP assays for classification of MMVF - Influence of fibre length on results.** *Symposium on the health effects of fibrous materials (excluding asbestos) used in industry. Sydney, Australia. 30-31 october 1995; Résumé seulement p 44.*
- Collier C.G., Morris K.J., Launder K.A., Humphreys J.A., Morgan A., Eastes W., Townsend S. **The behavior of glass fibers in the rat following intraperitoneal injection.** *Regulatory Toxicology and Pharmacology.* 1994; 20(3 Pt 2): S89-S103.
- Consonni D., Bernucci I., Bertazzi P.A. **Studio multicentrico IARC sulla patologia neoplastica da fibre minerali artificiali vetrose (MMVF). [IARC multicenter study on neoplastic disease caused by man-made vitreous mineral fibers (MMVF)].** *La Medicina del Lavoro.* 1999; 90(1): 67-83.
- Consonni D., Boffetta P., Andersen A., Chang-Claude J., Cherrie J.W., Ferro G., Frentzel-Beyme R., Hansen J., Olsen J., Plato N., Westerholm P. Saracci R. **Lung cancer mortality among European rock/slag wool workers: exposure-response analysis.** *Cancer causes and control.* 1998; 9(4): 411-416.
- Corn M., Less P., Breyse P. **Characterisation of end-user exposures to commercial isolation products.** *Medical and scientific Committee, Thermal Insulation Manufacturers Association.* Stamford, CT. Février 1992.
- Cralley L.V., Cralley L.J., Clayton G.D., Jurgiel J.A. **Industrial environmental health. The worker and the community.** *Industrial hygiene highlights Vol.II.* New York Academic Press. 1972; 544 p.
- Crane A.E. **Comments of the North American Insulation Manufacturers Association on the « Draft Report on Carcinogens Substance Profile for Glass Wool Fibers (Respirable) as a Class ».** 2010
- Crawford N.P., Kello D., Jarvisalo J.O. **Monitoring and evaluating Man-Made Mineral Fibres: Work of a WHO/EURO reference scheme.** *Annals of Occupational Hygiene.* 1987; 31(4B): 557-565.
- Cullen R.T., Miller B.G., Davis J.M., Brown D.N., Donaldson K. **Dhort-term inhalation and in vitro tests as predictors of fiber pathogenicity.** *Environmental Health Perspectives.* 1997; 105 Suppl 5: 1235-1240.

Cullen R.T., Searl A., Buchanan D., Davis J.M., Miller B.G., Jones A.D. **Pathogenicity of a special-purpose glass microfiber (E glass) relative to another glass microfiber and amosite asbestos.** *Inhalation Toxicology*. 2000; 12(10): 959-977.

Cullinan P., McGavin R.C., Kreiss K., Nicholson G.A., Maher M.T., Howell T., Banks J., Newman Taylor A.J., Chen C.H., Tsai P.J., Shih T.S., Burge P.S. **Obliterative bronchiolitis in fibreglass workers: a new occupational disease?** *Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 2013 ; 70(5): 357-359.

Cuyper J.M., Hoedemaeker P.J., Nater J.P., De Jong M.C. **The histopathology of fiberglass dermatitis in relation to von Hebra's concept of eczema.** *Contact dermatitis*. 1975; 1(2): 88-95.

Czernichow P., Caillard J.F., Faure J.J., Maret Y., Paris C. **Tumeurs des voies aérodigestives supérieures et exposition aux Fibres Minérales Artificielles.** *Presented at Congrès International d'Epidémiologie de Langue Française, Bordeaux*. September 1989.

Davila D.G., Williams D.E. **The etiology of lung cancer.** *Mayo Clinic Proceedings*. 1993; 68(2): 170-182.

Davis J.M.G. **A review of experimental evidence for the carcinogenicity of Man-Made Vitreous Fibers.** *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*. 1986; 12 Suppl 1:12-17.

Davis J.M.G. **Experimental studies on mineral fibre carcinogenesis: an overview.** *In: Mechanisms in fibre carcinogenesis*. Edited by R.C. Brown, J.A. Hoskins, N.F. Johnson. NATO ASI series. Plenum press, New York. 1991; 223: 51-58.

Davis J.M.G. **Information obtained from fiber-induced lesions in animals.** *In: Mineral fibers and health*. Edited by D. Liddell and K. Miller. CRC press, Boca Raton, FL. 1991; 249-263 (70 références).

Davis J.M.G. **Mineral fibre carcinogenesis: experimental data relating to the importance of fibre type, size, deposition, dissolution and migration.** *In: Non-occupational exposure to mineral fibres*. Edited by J. Bignon, J. Peto, R. Saracci. IARC Scientific publications. 1989; (90): 33-45.

Davis J.M.G. **MMMMF: experimental evidence.** *Presented at MMMF Symposium: Health Aspects*. 1991; 42-44.

Davis J.M.G. **Pathological aspects of the injection of glass fiber into the pleural and peritoneal cavities of rats and mice.** *In: Occupational exposure to fibrous glass*. Edited by W.N. Le Vee, P.A. Schulte. DHEW Publication N° NIOSH 76-151. 1976; 141-149.

Davis J.M.G. **The biological effects of mineral fibres.** *Annals of Occupational Hygiene*. 1981; 24(2): 227-234.

Davis J.M.G. **The role of clearance and dissolution in determining the durability or biopersistence of mineral fibers.** *Environmental Health Perspectives*. 1994; 102 Suppl 5: 113-117.

Davis J.M.G., Addison J., Bolton R.E., Donaldson K., Jones A.D., Wright A. **The pathogenic effects of fibrous ceramic aluminium silicate glass administered to rats by inhalation or peritoneal injection.** *Manuscript*. 1982; 303-320.

Davis J.M.G., Addison J., Bolton R.E., Donaldson K., Jones A.D., Wright A. **The pathogenic effects of fibrous ceramic aluminium silicate glass administered to rats by inhalation or intraperitoneal injection.** *In: Biological Effects of Mineral Fibres*. Proceedings of a WHO/IARC Conference. Copenhagen. 1984; 2: 303-322.

Davis J.M.G., Bolton R.E., Cowie H., Donaldson K., Gormley I.P., Jones A.D., Wright A. **Comparisons of the biological effects of mineral fibre samples using in vitro and in vivo assay systems.** *In: Vitro Effects of Mineral Dusts*. Edited by E.G. Beck, J. Bignon. NATO ASI series G: Ecological Sciences. Springer-Verlag, Berlin. 1985; 3: 405-411 (8 références).

- Davis J.M.G., Bolton R.E., Miller B.G., Niven K. **Mesothelioma dose response following intraperitoneal injection of mineral fibres.** *International Journal of Experimental pathology.* 1991; 72(3): 263-274.
- Davis J.M.G., Brown D.M., Cullen R.T., Donaldson K., Jones A.D., Miller B.G., McIntosh C., Searl A. **A comparison of methods of determining and predicting the pathogenicity of mineral fibers.** *Inhalation Toxicology.* 1996; 8: 747-770.
- De Meringo A., Lafon F, Furtak H, Hanton D. **Chemical indexes and in-vitro solubility.** *Glastechnische Berichte-Glass Science and Technology.* 2000; 73(3): 79-87.
- De Meringo A., Morscheidt C., Rouyer E., Furtak H. **A standard test for acellular in vitro dissolution measurement: Saint Gobain experience and a proposal.** *Poster presented in Hannover.* October 1996.
- De Meringo A., Morscheidt C., Thélohan S., Tiesler H. **In vitro assessment of biodurability: acellular systems.** *Proceedings of conference Biopersistence.* Lyon, 7-9 September 1992; paper 10: 1-26.
- De Vuyst P. **Les produits de remplacement des flocages d'asbeste. Risques pour la santé.** *CSTC magazine.* 1994 ; 01: 12-20.
- De Vuyst P., Dumortier P., Swaen G.M., Paireon J.C., Brochard P. **Respiratory health affects of man-made vitreous (mineral) fibres.** *European Respiratory Journal.* 1995; 8(12): 2149-2173.
- De Vuyst P., Karjalainen A., Dumortier P., Paireon J.C., Monsó E., Brochard P., Teschler H., Tossavainen A., Gibbs A. **Guidelines for mineral fibre analyses in biological samples: report of the ERS working group.** *European Respiratory Journal.* 1998; 11(6): 1416-1426.
- Dement J.M. **Environmental aspects of fibrous glass production and utilization.** *Environmental Research.* 1975; 9(3): 295-312.
- Dement J.M. **Overview: Workshop on fiber toxicology research needs.** *Environmental Health Perspectives.* 1990; 88: 261-268.
- Dement J.M., Kuempel E.D., Zumwalde R.D., Smith R.J., Stayner L.T., Loomis D. **Development of a fibre size-specific job-exposure matrix for airborne asbestos fibres.** *Occupational and Environmental medicine.* 2008; 65(9): 605-612.
- National Institute of Environmental Health Sciences. National toxicology Program. **Fact Sheet « The Report on Carcinogens ».** June 2011 ; Disponible sur <http://www.niehs.nih.gov/about/materials/roc12fs.pdf>.
- Detreville R.T.P., Hook H.L., Morrice G.Jr. **Fibrous glass manufacturing and health. Results of a comprehensive physiological study - Part II.** *Transactions of the Industrial Health Foundation.* Proceedings of the 35th Annual Meeting. 1970; Bulletin N°44: 103-111.
- Dika Nguea H., De Reydellet A., Lehuédé P., De Meringo A., Le Faou A., Marcocci L., Rihn B.H. **Gene expression profile in monocyte during in vitro mineral fiber degradation.** *Archives of toxicology.* 2008; 82(6):355-362.
- Dika Nguea H., De Reydellet A., Lehuédé P., De Meringo A., Robé A., Le Faou A., Rihn B.H. **A new in vitro cellular system for the analysis of mineral fiber biopersistence.** *Archives of toxicology.* 2008; 82(7): 435-443.
- Dodgson J., Cherrie J., Groat S. **Estimates of past exposure to respirable Man-Made Mineral Fibres in the European insulation wool industry.** *Annals of Occupational Hygiene.* 1987; 31(4B): 567-582.
- Dodgson J., Harrison G.E., Cherrie J.W., Sneddon E. **Assessment of airborne mineral wool fibres in domestic houses.** *Historical Research Report n°TM/87/18.* Edinburgh, UK. Institut of Occupational Medicine (IOM). 1987.



- Dogru M., Baysal Z., Aytakin C. **Dyeing of wool fibres with natural dyes: effect of proteolytic enzymes.** *Preparative Biochemistry & Biotechnology.* 2006; 36(3): 215-221.
- Doll R. **Symposium on MMMF, Copenhagen, October 1986: overview and conclusions.** *Annals of Occupational Hygiene.* 1987; 31(4B): 805-819.
- Donaldson K. **Biological activity of respirable industrial fibres treated to mimic residence in the lung.** *Toxicology Letters.* 1994; 72(1-3): 299-305.
- Donaldson K. **The inhalation toxicology of p-aramid fibrils.** *Critical reviews in toxicology.* 2009; 39(6):487-500.
- Donaldson K., Addison J., Miller B.G., Cullen R.T., Davis J.M. **Use of the short-term inflammatory response in the mouse peritoneal cavity to assess the biological activity of leached vitreous fibers.** *Environmental Health Perspectives.* 1994; 102 Suppl 5: 159-162.
- Donaldson K., Seaton A. **A short history of the toxicology of inhaled particles.** *Particle and Fibre Toxicology.* 2012; 9:13.
- Dörger M., Allmeling A.M., Neuber A., Behr J., Rambeck W., Krombach F. **Interspecies comparison of rat and hamster alveolar macrophage antioxidative and oxidative capacity.** *Environmental Health Perspectives.* 1997; 105 Suppl 5: 1309-1312.
- Dörger M., Jesch N.K., Rieder G., Hirvonen M.R., Savolainen K., Krombach F., Messmer K. **Species differences in nitric oxide formation by rat and hamster alveolar macrophages in vitro.** *American Journal of Respiratory Cell and Molecular Biology.* 1997; 16(4): 413-420.
- Dörger M., Krombach F. **Interaction of alveolar macrophages with inhaled mineral particulates.** *Journal of Aerosol Medicine.* 2000; 13(4): 369-380.
- Dörger M., Münzing S., Allmeling A.M., Krombach F. **Comparison of the phagocytic response of rat and hamster alveolar macrophages to man-made vitreous fibers in vitro.** *Human & Experimental Toxicology.* 2000; 19(11): 635-640.
- Dörger M., Münzing S., Allmeling A.M., Messmer K., Krombach F. **Differential responses of rat alveolar and peritoneal macrophages to manmade vitreous fibers in vitro.** *Environmental Research.* 2001; 85(3): 207-214.
- Douglas D. **Health effects of insulation wools (rock/slag wool and glass wool) and future research needs.** *In: Mechanisms in fibre carcinogenesis.* Edited by R.C. Brown, J.A. Hoskins, N.F. Johnson. NATO ASI series. Plenum press, New York. 1991; 223: 17-27.
- Douglas D. **Insulation wools and health, a summary of the research.** April 1997.
- Douglas D., Rossiter C.E. **Approaches to evaluating the toxicity and carcinogenicity of Man-Made Fibres.** *CIIT Workshop.* 1991.
- Draeger U. **Einstufung von Mineralwolle nach der EU-Richtlinie 97/69/EG.** *Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft.* 1998; 58(3): 93-95.
- Draeger U. **Faserstäube in der Aussenluft.** *In: VDI Berichte n°1417.* 1998; 325-336.
- Draeger U., Brauns W., Loeffler F., Tiesler H. **Production, installation and use of insulation wool products. Survey on the exposure situation in Germany.** *Abstract manuscript for 8th International Conference on Occupational Lung Diseases.* 14-17 september 1992.

- Draeger U., Guldberg M., Christensen V. **Zur Genauigkeit der Bestimmung der Faserzahl in Problematerialien für in vivo Experimente.** *Zbl. Arbeitmed.* 1991; 41: 269-271.
- Draeger U., Teichert U., Schneider T., Trappmann J. **Criteria for the identification of insulation wool fibres by microscopic evaluation of filter samples.** *Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft.* 1998; 58(9): 343-346.
- Drent M., Bomans P.H., Van Suylen R.J., Lamers R.J., Bast A., Wouters E.F. **Association of man-made mineral fibre exposure and sarcoidlike granulomas.** *Respiratory Medicine.* 2000; 94(8): 815-820.
- Drent M., Kessels B.L., Bomans P.H., Wagenaar S.S., Henderson R.F. **Sarcoidlike lung granulomatosis induced by glass fibre exposure.** *Sarcoidosis Vasculitis and Diffuse Lung Diseases.* 2000; 17(1): 86-87.
- Drew R.T., Kuschner M., Bernstein D.M. **The chromatic effects of exposure of rats to sized glass fibres.** *Annals of Occupational Hygiene.* 1987; 31(4B): 711-729.
- Duan H., Jia W., Li J. **The recycling of comminuted glass-fiber-reinforced resin from electronic waste.** *Journal of the Air & Waste Management Association.* 2010; 60(5): 532-539.
- Dufresne A., Perrault G., Yamato H., Massé S., Bégin R. **Clearance of man made mineral fibres from the lungs of sheep.** *Occupational and Environmental medicine.* 1999; 56(10): 684-690.
- Dunnigan J. **Comparing biological effects of mineral fibres.** *British Journal of Industrial Medicine.* 1989; 46(10): 681-682.
- Dupont de Nemours. **La fibre du futur.** 1999; 4 p.
- Dusinská M., Džupinková Z., Wsóllová L., Harrington V., Collins A.R. **Possible involvement of XPA in repair of oxidative DNA damage deduced from analysis of damage, repair and genotype in a human population study.** *Mutagenesis.* 2006; 21(3):205-211.
- Dutch Expert Committee for Occupational Standards. **Man-Made Mineral Fibers - Health-based recommended occupational exposure limits.** *Internal report.* 1985/02 WGD. 1995; 19-24.
- Dutch Expert Committee for Occupational Standards (1), Committee on the Evaluation of carcinogenic substances of the health council of the Netherlands (2). **Health-based recommended occupational and nonoccupational criteria and exposure limits for Man-Made Mineral Fibres.** *Report of Dutch ECOS and CECS of the Health Council of the Netherlands; on behalf of the Directorate-general of Labour and Directorate-general for Environmental Protection.* 1991; 1-49.
- Dybro Juhl H. **Dust and fibre release measurements in full-scale chamber.** *Staub Reinhaltung der Luft.* 1995; 55(1): 7-9.
- Dybro Juhl H. **Standard full-scale chamber test conditions for examinations of mineral wool products.** *Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft.* 1998; 58(9): 349-352.
- Dybro Juhl H. **Standardization of full-scale chamber measurements.** *VDI Berichte.* 1999; 1257: 735-744.
- Eastes W., Baron P.A., Baier R.E., Guldberg M., Potter R. **Do vitreous fibers break in the lung?** *Inhalation Toxicology.* 2007; 19(4): 311-315.
- Eastes W., Hadley J.G. **A mathematical model of fiber carcinogenicity and fibrosis in inhalation and intraperitoneal experiments in rats.** *Inhalation Toxicology.* 1996; 8: 323-343.
- Eastes W., Hadley J.G. **Comment on « long man-made fibers and lung cancer risk ».** *Regulatory Toxicology and Pharmacology.* 2001; 33(2): 268.

- Eastes W., Hadley J.G., Bender J. **Assessing the biological activity of fibres: insights into the role of fibre durability.** *Journal of Occupational Health and Safety Australia and New Zealand.* 1996; 12(3): 381-385.
- Eastes W., Morris K.J., Launder K.A., Morgan A., Collier C.G., Davis J.A., Mattson S.M., Hadley J.G. **Dissolution of glass fibers in the rat lungs after intratracheal instillation.** *Inhalation Toxicology.* 1995; 7(2): 197-213.
- Eastes W., Potter R.M., Hadley J.G. **Estimating in vitro glass fiber dissolution rate from composition.** *Inhalation Toxicology.* 2000; 12(4): 269-280.
- Eastes W., Potter R.M., Hadley J.G. **Estimation of dissolution rate from in vivo studies of synthetic vitreous fibers.** *Inhalation Toxicology.* 2000; 12(11): 1037-1054.
- Eastes W., Potter R.M., Hadley J.G. **Estimating rock and slag wool fiber dissolution rate from composition.** *Inhalation Toxicology.* 2000; 12(12): 1127-1139.
- ECFIA (European Ceramic Fibres Industry Association). **Fibres céramiques : hygiène et santé.** 1988.
- Egilman D. **Fiber types, asbestos potency, and environmental causation: a peer review of published work and legal and regulatory scientific testimony.** *International Journal of Occupational and Environmental Health.* 2009; 15(2): 202-228.
- Eisenbach B. **Branchendialog Künstliche Mineralfasern. [Industrial dialogue on Made Made Mineral Fibres (MMMF)].** *Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft.* 1999; 59(3): 63-65.
- El Yamani M., Modelon H. **Cancer risk assessment for refractory ceramic fibres next term from AFSET occupational exposure limit (OEL) committee. Abstracts of the XII International Congress of Toxicology.** *Toxicology Letters.* 2010; 196(1): S67-S68.
- Ellouk S.A., Jaurand M.C. **Review of animal and in vitro data on biological effects of man-made fibers.** *Environmental Health Perspectives.* 1994; 102 Suppl 2: 47-61.
- Elmes P. **Conflicts in the evidence on the health effect of mineral fiber.** In : *Mineral fibers and health.* Edited by D. Liddell and K. Miller. CRC press. Boca Raton, FL. 1991; 321-335 (29 références).
- Engholm G., Englund A., Fletcher A.C., Hallin N. **Respiratory cancer incidence in Swedish, construction workers exposed to Man-Made Mineral Fibres and asbestos.** *Annals of Occupational Hygiene.* 1987; 31(4B): 663-675.
- Engholm G., Von Schmalensee G. **Bronchitis and exposure to Man-Made Mineral Fibres in non-smoking construction workers.** *European Journal of Respiratory Diseases supplement.* 1982; 118: 73-78.
- Enterline P.E. **Role of MMMF in the causation of cancer.** *British Journal of Industrial Medicine.* 1990; 47: 145-146.
- Enterline P.E., Henderson V. **Mortality and morbidity experience of retired fibrous glass workers.** *Archives of Environmental Health.* 1975; 30(3): 113-116.
- Enterline P.E., Henderson V. **Occupational exposure to fiberglass.** *Food and Cosmetics Toxicology.* 1976; 14(2): 158.
- Enterline P.E., Henderson V. **The health of retired fibrous glass workers.** *Archives of Environmental & Occupational Health.* 1975; 30: 113-116.

Enterline P.E., Marsh G.M. **Environment and mortality of workers from a fibrous glass plant.** In: *Dusts and disease*. Edited by R. Lemen and J. M. Dement. SOEH, Proceedings of the Conference on Occupational Exposures to Fibrous and Particulate Dust and their extension into the environment. Park Forest South. 1979; 221-231

Enterline P.E., Marsch G.M., Esmen N.A. **Respiratory disease among workers exposed to Man Made Mineral Fibers.** *American Review of Respiratory Disease*. 1983; 128(1): 1-7.

Enterline P.E., Marsh G.M., Henderson V., Callahan C. **Mortality update of a cohort of U.S. Man-made Mineral Fibre workers.** *Annals of Occupational Hygiene*. 1987; 31(4B): 625-656.

EPA (Environmental Protection Agency). **Proceedings of the National Workshop on Substitutes for Asbestos.** 1980.

Esmen N.A., Corn M., Hammad Y.Y, Whittier D., Kotsko N. **Summary of measurements of employee exposures to airborne dust and fiber in sixteen facilities producing man-made mineral fibers.** *American Industrial Hygiene Association Journal*. 1979; 40(2): 108-117.

Esmen N.A., Hall T.A., Phillips M.L., Marsh G.M. **Chemical process based reconstruction of exposures for an epidemiological study. I. Theoretical and methodological issues.** *Chemico-biological Interactions*. 2007; 166(1-3): 254-263.

Esmen N.A., Hammad Y.Y., Corn M., Whittier D., Kotsko N., Haller M., Kahn R.A. **Exposure of employees to man-made mineral fibers: Mineral wool production.** *Environmental Research*. 1978; 15(2): 262-277.

Esmen N.A., Sheehan M.J., Corn M., Engel M., Kotsko N. **Exposure of employees to man-made vitreous fibers: Installation of insulation materials.** *Environmental Research*. 1982; 28(2): 386-398.

EURIMA (European Insulation Manufacturers Association). **Insulation wool producers.** 1991.

EURIMA (European Insulation Manufacturers Association). **In-vitro acellular dissolution of man-made vitreous silicate fibres at pH 4.5.** October 1997. Projet 1.

EURIMA (European Insulation Manufacturers Association). **In-vitro acellular dissolution of man-made vitreous silicate fibres at pH 7.4.** October 1997. Projet

EURIMA (European Insulation Manufacturers Association). **Code of Practice for Manufacturers and Users of Insulation Wools.** 1994.

European Commission, DGIII. **Rapport de la DGIII « Entreprise Commission Européenne ».** *Environmental Ressources Management*. 1999; 56 p.

Everitt J.I., Bermudez E., Mangum J.B., Wong B., Moss O.R., Janszen D., Rutten A.A. **Pleural lesions in Syrian golden hamsters and Fischer-344 rats following intrapleural instillation of man-made ceramic or glass fibers.** *Toxicologic Pathology*. 1994; 22(3): 229-236.

Fairhall L.T., Webster S.H., Bennett G.A. **Rockwool in relation to health.** *Journal of Industrial Hygiene*. 1935; 17: 263-275.

Faul L., Fuehres M., Gorzelitz G., Reichert F. **Staubbelastungen beim Umgang mit natürlichen organischen Faserdämmstoffen. [Dust exposures during insulation work with products based on natural fibres (NFOD)--Report of experiences about dust measurements with the dust sampling systems respicon and respicon TM-3F].** *Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft*. 2000; 60(1-2): 39-45.

Fayerweather W.E., Bender J.R., Hadley J.G., Eastes W., **Quantitative risk assessment for a glass fiber insulation product.** *Regulatory toxicology and pharmacology*. 1997; 25(2): 103-120.

Fayerweather W.E., Eastes W., Cereghini F., Hadley J.G. **Quantitative risk assessment of durable glass fibers.** *Inhalation Toxicology*. 2002; 14(6): 553-568.

Feck G. **In vitro Untersuchungen zur Löslichkeit von Glasfasern und einigen Mineralfasern in schwach alkalischer wässriger Lösung.** *Dissertation*. University of Aachen. 1984.

Feck G., Forster H. **Zum Verhalten von Faserwerkstoffen in physiologischer Lösung. [The behaviour of fibrous materials in a physiological solution].** *Beitr. Elektronenmikroskop. Direkttabb. Oberfl.* 1986; 19: 473-748.

Feron V.J., Scherrenberg P.M., Immel H.R., Spit B.J. **Pulmonary response of hamsters to fibrous glass: Chronic effects of repeated intratracheal instillation with or without benzo[a]pyrene.** *Carcinogenesis*. 1985; 6(10): 1495-1499.

Ferreira A.S., Moreira V.B., Castro M.C., Soares P.J., Algranti E., Andrade L.R. **Case report: analytical electron microscopy of lung granulomas associated with exposure to coating materials carried by glass wool fibers.** *Environmental Health Perspectives*. 2010; 118(2): 249-252.

Févotte J., Dananché B., Delabre L., Ducamp S., Garras L., Houot M., Luce D., Orłowski E., Pilorget C., Lacourt A., Brochard P., Goldberg M., Imbernon E. **Matgene: A Program to Develop Job-Exposure Matrices in the General Population in France** *Annals of Occupational Hygiene*. 2011; 55(8): 865-878.

Field G.B., Owen P.W., Jarview B.H., Gandevia B.H. **Respiratory health in fibreglass workers - report of a survey.** *Bradford Insulation*. Sydney. 1982.

FILMM. **Laines minérales et santé.** 1999; 116 p.

Fischer M. **Asbest und künstliche Mineralfasern - Epidemiologische Befund Risikoabschätzung. [Asbestos and Man-Made Mineral Fibres - epidemiological findings - risk assessment].** *Proceedings of VDI Colloquium «Krebserrregende Stoffe in der Umwelt»*. Mannheim. 1991.

Fisher C.E., Brown D.M., Shaw J., Beswick P.H., Donaldson K. **Respirable fibres: surfactant coated fibres release more Fe<sup>3+</sup> than native fibres at both pH 4.5 and 7.2** *Annals of Occupational Hygiene*. 1998; 42(5): 337-345.

Fisher G.L., Gallo M.A. **Asbestos toxicity.** Marcel Dekker, New York, Basel. 1988; 183 p.

Foà V., Basilico S. **Caratteristiche chimico-fisiche e tossicologia delle fibre minerali artificiali. [Chemical and physical characteristics and toxicology of man-made mineral fibers].** *La Medicina del Lavoro*. 1999; 90(1): 10-52.

Fogel P., Morscheidt C., Hanton D., De Meringo A. **A formula for predicting the tumor incidence in intraperitoneal experiments with mineral fibers.** *Inhalation Toxicology*. 1998; 10(9): 875-893.

Förster H. **Anorganische faserförmige Partikel in der Atmosphäre.** *VDI Berichte n°1075*. 1993; 211-231.

Förster H. **The behaviour of mineral fibres in physiological solutions.** *In: Biological Effects of Man-Made Mineral Fibres*. Edited by T. Guthe. WHO. Copenhagen. 1984; 27-60.

Förster H., Feck G. **In-vitro-Studien an künstlichen Mineralfasern.** *Zentralblatt Arbeitsmedizin*. 1985; 130-135.

Förster H., Klingholz R. **Über die Beständigkeit von künstlichen Mineralfasern in vitro.** *Presentation VDI Kolloquium Strasburg 1982. VDI Berichte n°475*. 1983; 261-268.



Foussereau J. **Les dermatites par irritation aux fibres de verre, à la laine de verre et à la laine de roche.** *Documents pour le médecin du travail* n° 29 TA 41. 1987; 13-16.

Foy J.W., Collier C., Swauger J.E. **A comparison of mathematical methods for the determination of in vitro dissolution constants for glass fibers.** *Inhalation Toxicology*. 2003; 15(2): 167-179.

Friedberg K.D., Ullmer S. **Studies on the elimination of dust of MMMF from the rat lung.** *In: Biological Effects of Man-Made Mineral Fibers*. WHO. Copenhagen. 1984; 18-26.

Fubini B. **Surface reactivity in the pathogenic response to particulates.** *Environmental Health Perspectives*. 1997; 105 Suppl 5: 1013-1020.

Fubini B., Mollo L. **Role of iron in the reactivity of mineral fibers.** *Toxicology Letters*. 1995; 82-83: 951-960.

G2Sat. **Fibres minérales artificielles et amiante.** *Rapport du groupe scientifique pour la surveillance des atmosphères de travail*. Juin 1996.

Gabor M., **Neuere arbeitsmedizinische Erfahrungen in der Mineralwollindustrie.** *VDI Bericht* n°1417. 1998.

Galateau-Sallé F., Attanoos R., Gibbs A.R., Burke L., Astoul P., Rolland P., Ilg A.G., Pairon J.C., Brochard P., Begueret H., Vignaud J.M., Kerr K., Launoy G., Imbernon E., Goldberg M. **Lymphohistiocytoid variant of malignant mesothelioma of the pleura: a series of 22 cases.** *American Journal of Surgical Pathology*. 2007; 31(5): 711-716.

Gardner A.W. **Current approaches to occupational medicine.** John Wright and Sons. Bristol, UK. 1979. 368 p.

Gardner M.J., Magnani C., Pannett B., Fletcher A.C., Winter P.D. **Lung cancer among glass fibre production workers: a case-control study.** *British Journal of Industrial Medicine*. 1988; 45(9): 613-618.

Gardner M.J., Winter P.D., Pannett B., Simpson M.J., Hamilton C., Acheson E.D. **Mortality study of workers in the Man-Made Mineral Fiber production industry in the United Kingdom.** *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*. 1986; 12 Suppl 1: 85-93.

Geiser M., Matter M., Maye I., Im Hof V., Gehr P., Schürch S. **Influence of airspace geometry and surfactant on the retention of man-made vitreous fibers (MMVF 10a).** *Environmental Health Perspectives*. 2003; 111(7): 895-901.

Gillam J.D., Dement J.M., Lemen R.A., Wagoner J.K., Archer V.E., Blejer H.P. **Mortality patterns among hard rock gold miners exposed to an asbestiform mineral.** *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1976; 271: 336-344.

Gillissen A., Gessner C., Hammerschmidt S., Hoheisel G., Wirtz H. **[Health significance of inhaled particles].** *Deutsche Medizinische Wochenschrift*. 2006; 131(12): 639-644.

Glass L.R., Brown R.C., Hoskins J.A. **Health effects of refractory ceramic fibres: Scientific issues and policy considerations.** *Occupational and Environmental Medicine*. 1995; 52(7): 433-440.

Glimour P.S., Brown D.M., Beswick P.H., MacNee W., Rahman I., Donaldson K. **Free radical activity of industrial fibers: Role of iron in oxidative stress and activation of transcription factors.** *Environmental Health Perspectives*. 1997; 105 Suppl 5: 1313-1317.

Goldberg M., Goldberg P., Leclerc A., Chastang J.F., Marne M.J., Dubourdieu D. **A 10-years incidence survey of respiratory cancer and a case-control study within a cohort of nickel mining and refining workers in New Caledonia.** *Cancer Causes & Control*. 1994; 5(1): 15-25.

Goldsmith J.R. **Comparative epidemiology of men exposed to asbestos and Man-Made Mineral Fibers. [Exposition à l'amiante et aux fibres minérales artificielles, comparaison des données épidémiologiques].** *American Journal of Industrial Medicine.* 1986; 10(5-6): 543-552.

Goldsmith J.R. **Comparative epidemiology of men exposed to Silica, Asbestos, and Man-Made Mineral Fibers.** *In: Cancer Research Monographs.* Edited by D.F. Goldsmith, D.M. Winn, C.M. Shy. 1986; 2: 461-474.

Goldsmith J.R. **Exposition à l'amiante et aux Fibres Minérales Artificielles : Comparaison des données épidémiologiques.** *INRS Cahiers de note documentaires n°132.* 1988; 473-480.

Gorecki G.A., Eiser D.N. **Potential occupational and health hazards associated with fiber glass orthotic construction.** *Journal of the American Podiatry Association.* 1977; 67(7): 515-518.

Got C. **Rapport sur la gestion du risque et des problèmes de santé publique posés par l'amiante en France.** 1998; 123 p.

Government of Canada. **Canadian environmental protection act. Priority substances list. Assessment report mineral fibres (Man-Made Vitreous Fibers).** 1993; 31-34.

Government of Canada. **Mineral Fibres (Man-Made Vitreous Fibres).** *Canadian Environmental Protection Act, Priority Substances List Assessment Report.* Ottawa. 1993.

Grandjean P. **Report on discussion.** *Annals of Occupational Hygiene.* 1987; 31: 803.

Greim H., Borm P., Schins R., Donaldson K., Driscoll K., Hartwig A., Kuempel E., Oberdörster G., Speit G. **Toxicity of fibers and particles. Report of the workshop held in Munich, Germany, 26-27 Octobre 2000.** *Inhalation Toxicology.* 2001; 13(9): 737-754.

Greim H., Brinkmann B., Pohlenz-Michel C., Ziegler-Skylakakis K. **The necessity of developing new criteria for carcinogen classification of fibers by the MAK Commission.** *Inhalation Toxicology.* 2000; 12 Suppl 3: 419-425.

Greim H.A., Ziegler-Skylakakis K. **Strategies for setting occupational exposure limits for particles.** *Environmental Health Perspectives.* 1997; 105 Suppl 5: 1357-1361.

Greiner A., Wendorff J.H., Yarin A.L., Zussman E. **Biohybrid nanosystems with polymer nanofibers and nanotubes.** *Applied Microbiology Biotechnology.* 2006; 71(4): 387-393.

Grimm H.G. **Befunde am bronchopulmonalen System bei Beschäftigten in der industriellen Herstellung und Weiterverarbeitung künstlicher mineralischer Fasern. [Findings in the bronchopulmonary system of workers employed in the industrial production and processing of synthetic mineral fibers].** *Zentralblatt für Bakteriologie, Mikrobiologie und Hygiene 1. Abt. Originale B, Hygiene.* 1983; 177(3-4): 188-236.

Grimm H.G. **Überlegungen zur Reglementierung von Stäuben in Deutschland aus der Sicht der Praxis Aspects. [Concerning the reglementation of fibrous dust in Germany in the viewer point of practice].** *ErgoMed.* 1993; 17(4): 102-125.

Grimm H.G. **Probleme bei der Bewertung des Risikos für die Gesundheit durch künstliche Mineralfasern anhand von Tierversuchen. [Problems in evaluating the health risk from Man-Made Mineral Fibres based on animal experiments].** *Zentralblatt für Arbeitsmedizin.* 1988; 38 Suppl 1: 1-24.

Grimm H.G., Attia M., De Reydellet A. **Evaluation of mechanisms of carcinogenic reactions in intraperitoneal tests with soluble fibres and limitations.** *Inhaled Particles IX. Proceedings of an International Symposium on Inhaled Particles.* *The Annals of Occupational Hygiene.* 2002; 46 Suppl 1: 181-185.



Grimm H.G., Bernstein D.M., Attia M., Richard J., De Reydellet A. **Experience from a long-term carcinogenicity study with intraperitoneal injection of biosoluble synthetic mineral fibers.** *Inhalation Toxicology*. 2002; 14(8): 855-882.

Grimm H.G., Löffler F.W., Mayer P. **Retrospektive Abschätzung der Expositionssituation und der gesundheitlichen Auswirkungen in einer ehemaligen deutschen Steinwolle-Fabrik. [Retrospective assessment of the exposure situation and of health effects for a former stone wool production plant in Germany]. [Estimation rétrospective de l'exposition et de l'impact sur la santé dans une ancienne usine allemande de laine minérale].** *Schriftenreihe Zentralblatt für Arbeitsmedizin*. 2000; 19: 58.

Grimm H.G., Mayer P. **Untersuchungen von Beschäftigten der Mineral und Glas. [Investigations of workers in the mineral and glass-wool industries taking into account previous exposure and smoking history].** *Vortragsmanuskript; Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin*. 4.82. 1982; 27-30.

Gross P. **A comparison of the effects in experimental animals of certain fibrous dust.** *Medical Series*. 1968; 22-25.

Gross P. **Man-Made Vitreous Fibers: Present status of research on health effects.** *International Archives of Occupational and Environmental Health*. 1982; 50(2): 103-112.

Gross P. **The biologic categorization of inhaled fiber glass dust. A critical review of pertinent studies and reports.** *Archives of Environmental Health*. 1976; 31(2): 101-107.

Gualtieri A.F., Foresti E., Lesci I.G., Roveri N., Gualtieri M.L., Dondi M., Zapparoli M. **The thermal transformation of Man Made Vitreous Fibers (MMVF) and safe recycling as secondary raw materials (SRM).** *Journal of Hazardous Materials*. 2009; 162(2-3): 1494-1506.

Guber A., Lerman S., Lerman Y., Ganor E., Trajber I., Edelstein E., Fireman E. **Pulmonary fibrosis in a patient with exposure to glass wool fibers.** *American Journal of Industrial Medicine*. 2006; 49(12): 1066-1069.

Guberan E. **Are the principal asbestos substitutes (fibreglass and mineral wool) carcinogenic? [Les principaux substituts de l'amiante (laine de verre et laine de roche) sont-ils cancérogènes ?].** *Médecine et hygiène*. 1989; 47(1793); 2 (références 1455-1459).

Guida F., Paget-Bailly S., Lamkarkach F., Gaye O., Ducamp S., Menvielle G., Papadopoulos A., Matrat M., Févotte J., Cénée S., Cyr D., Schmaus A., Carton M., Radoï L., Lapôtre-Ledoux B., Molinié F., Luce D., Stücker I. **Risk of lung cancer associated with occupational exposure to mineral wools: updating knowledge from a french population-based case-control study, the ICARE study.** *Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 2013 ; 55(7): 786-795.

Guida F., Papadopoulos A., Menvielle G., Matrat M., Févotte J., Cénée S., Cyr D., Schmaus A., Carton M., Paget-Bailly S., Radoï L., Tarnaud C., Bara S., Trétarre B., Luce D., Stücker I. **Risk of Lung Cancer and Occupational History: Results of a French Population-Based Case-Control Study, the ICARE Study.** *Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 2011; 53(9): 1068-1077.

Guldberg M., Christensen V.R., Jensen S.L. **In-vitro dissolution of man-made mineral fibres at acidic pH.** 1997.

Guldberg M., Christensen V.R., Krøis W., Sebastian K. **Method for determining in-vitro dissolution rates of man-made vitreous fibres.** *Glass science and technology*. 1995; 68(6): 181-187.

Guldberg M., De Meringo A., Kamstrup O., Furtak H., Rossiter C. **The development of glass and stone wool compositions with increased biosolubility.** *Regulatory toxicology and pharmacology*. 2000; 32(2): 184-189.

- Guldberg M., Christensen V.R., Perander M., Zoitos B., Koenig A.R., Sebastian K. **Measurement of In-vitro fibre dissolution rate at acidic pH.** *Annals of Occupational Hygiene.* 1998; 42(4): 233-243.
- Gustavsson P., Plato N., Axelson O., Brage H.N., Hogstedt C., Ringbäck G., Tornling G., Wingren G. **Lung cancer risk among workers exposed to Man-Made Mineral Fibres (MMMF) in the prefabricated house industry.** *Eighth International Symposium of Epidemiology in Occupational Health.* 1991; 88.
- Gustavsson P., Plato N., Axelson O., Brage H.N., Hogstedt C., Ringbäck G., Tornling G., Wingren G. **Lung cancer risk among workers exposed to Man-Made Mineral Fibres (MMMF) in the Swedish prefabricated house industry.** *American Journal of Industrial Medicine.* 1992; 21(6): 825-834.
- Gwinn M.R. **Multiple modes of action of asbestos and related mineral fibers.** *Journal of Toxicology and Environmental Health Part B: Critical Reviews.* 2011; 14(1-4): 1-2.
- Gwinn M.R., DeVoney D., Jarabek A.M., Sonawane B., Wheeler J., Weissman D.N., Masten S., Thompson C. **Mode(s) of Action of Asbestos and Related Mineral Fibers.** *Environmental Health Perspectives.* 2011; 119(12): 1806-1810.
- Hammad Y.Y. **Deposition and elimination of MMMF.** In: *Biological effects of Man-Made Mineral Fibres.* WHO. Copenhagen. 1984; 2: 126-142.
- Hansen E.F., Rasmussen F.V., Hardt F., Kamstrup O. **Lung function and respiratory health of long-term fiber-exposed stonewool factory workers.** *American Journal of Respiratory and Critical care medicine.* 1999; 160(2): 466-472.
- Hansen E.F., Rasmussen F.V., Hardt F., Kamstrup O. **Lungfunktion og luftvejssygdom hos mineraluldsarbejdere. [Lung function and respiratory tract disease among stonewool factory workers].** *Ugeskrift for Laeger.* 2002; 164(35): 4066-4070.
- Hansen E.F., Rasmussen F.V., Hardt F., Kamstrup O. **Non malignant respiratory disease in a group of long term fiber exposed Rockwool factory workers.** *Sydney Symposium.* 1.
- Hansen E.S. **Lung cancer in MMVF workers - Viewpoints on a null-result study.** *International Journal of Occupational and Environmental Health.* 2003; 9(4): 397-398.
- Hansen E.S. **No effect or no information? Comments on a nested case-control study of lung cancer among European rock and slag wool production workers.** *International Journal of Occupational and Environmental Health.* 2002; 8(3): 281-283.
- Hansen J., Boffetta P., Andersen A., Cherrie J.W., Chang-Claude J., Eilber U., Frentzel-Beyme R., Hemmingsson T., Olsen J.H., Plato N., Saracci R., Skare G.B., Westerholm P., **Comparison of information on occupation and lifestyle habits obtained from European man-made vitreous production workers and their relatives.** *International Journal of Epidemiology.* 1997; 26(5): 1009-1016.
- Hanton D.Y., Furtak H., Grimm H.G. **Preparation and handling conditions of MMVF for In-vivo experiments.** *Aerosol science and technology.* 1998; 29(5): 449-456.
- Head I.W., Wagg R.M. **A survey of occupational exposure to man-made mineral fiber dust.** *Annals of Occupational Hygiene.* 1980; 23(3): 235-258.
- Health Council of the Netherlands. **Dutch Expert Committee on Occupational Standards (DECOS). Made Mineral Fibres (MMMF). Health-based recommended occupational exposure limits.** *Publication n°1995/O2WGD.* 1995.

Health Effects Institute-**Asbestos Research. Asbestos in public and commercial buildings: a literature review and synthesis of current knowledge.** 1991; 1.1-1.13.

Henschler D. **Gesundheitsschädliche Arbeitsstoffe. Toxikologisch arbeitsmedizinische Begründung von MAK-Werten. [Harmful industrial substances - Toxicological and occupational medical basis for the establishment of maximum permissible concentrations].** Verlag Chemie GmbH. 1986; 4 Suppl 12.

Hesterberg T.W. **Comments on the National Toxicology Program (NTP) DRAFT Report on Carcinogens: Substance Profile for Glass Wool Fibers (Respirable) as a Class.** 2010; 50.

Hesterberg T.W., Anderson R., Bernstein D.M., Bunn W.B., Chase G.A., Jankousky A.L., Marsh G.M., McClellan R.O. **Product stewardship and science : safe manufacture and use of fiber glass.** *Regulatory toxicology and pharmacology.* 2012; 62(2): 257-277.

Hesterberg T.W., Axten C., McConnell E.E., Hart G.A., Miiller W.C., Chevalier J., Everitt J., Thevenaz P., Oberdörster G. **Studies on the inhalation toxicology of two fiberglasses and amosite asbestos in the Syrian golden hamster. Part I. Results of a subchronic study and dose selection for a chronic study.** *Inhalation Toxicology.* 1999; 11(9): 747-784.

Hesterberg T.W., Axten C., McConnell E.E., Oberdörster G., Everitt J., Miiller W.C., Chevalier J., Chase G.R., Thevenaz P. **Chronic inhalation study of fiber glass and amosite asbestos in hamsters: twelve month preliminary results.** *Environmental Health Perspectives.* 1995; 105 Suppl 5: 1223-1229.

Hesterberg T.W., Chase G.R. **Commentary on « Fibrous Glass and Lung Cancer ».** *American Journal of Industrial Medicine.* 1996; 30(1): 111-112

Hesterberg T.W., Chase G., Axten C., Miiller W.C., Musselman R.P., Kamtrup O., Hadley J., Morscheidt C., Bernstein D.M., Thevenaz P. **Biopersistence of synthetic vitreous fibers and amosite asbestos in the rat lung following inhalation.** *Toxicology and Applied Pharmacology.* 1998; 151(2): 262-275.

Hesterberg T.W., Hart G.A. **Lung biopersistence and in vitro dissolution rate predict the pathogenic potential of synthetic vitreous fibers.** *Inhalation Toxicology.* 2000; 12 Suppl 3: 91-97.

Hesterberg T.W., Hart G.A. **Synthetic vitreous fibers: a review of toxicology research and its impact on hazard classification.** *Critical reviews in toxicology.* 2001; 31(1): 1-53.

Hesterberg T.W., Hart G.A., Miiller W.C., Chase G., Rogers R.A., Mangum J.B., Everitt J.I. **Use of short-term assays to evaluate the potential toxicity of two new biosoluble glasswool fibers.** *Inhalation Toxicology.* 2002; 14(3): 217-246.

Hesterberg T.W., McConnell E.E., Miiller W.C., Chevalier J., Everitt J., Thevenaz P., Fleissner H., Oberdörster G. **Use of lung toxicity and lung particle clearance to estimate the maximum tolerated dose (MTD) for a fiber glass chronic inhalation study in the rat.** *Fundamental and Applied Toxicology.* 1996; 32(1): 31-44.

Hesterberg T.W., Miiller W.C., Hart G., Bauer J., Hamilton R. **Physical and chemical transformation of synthetic vitreous fibres in the lung and in vitro.** *Journal of Occupational health and Safety.* 1996; 12(3): 345-355.

Hesterberg T.W., Miiller W.C., Mast R., McConnell E.E., Bernstein D.M., Anderson R. **Relationship between lung biopersistence and biological effects of Man-Made Vitreous Fibers after chronic inhalation in rats.** *Environmental Health Perspectives.* 1994; 102 Suppl 5: 133-137.

Hesterberg T.W., Miiller W.C., McConnell E.E., Chevalier J., Hadley J.G., Bernstein D.M., Thevenaz P., Anderson R. **Chronic inhalation toxicity of size-separated glass fibers in Fischer 344 rats.** *Fundamental and Applied Toxicology.* 1993; 20(4): 464-476.

Hesterberg T.W., Miiller W.C., Thevenaz P., Anderson R. **Chronic inhalation studies of Man-Made Vitreous Fibres: Characterization of fibres in the exposure aerosol and lungs.** *Annals of Occupational Hygiene.* 1995; 39(5): 637-653.

Hesterberg T.W., Vu V., Chase G.R., McConnell E.E., Bunn W.B., Anderson R. **Use of animal models to study man-made fiber carcinogenesis.** In: *Cellular and Molecular Aspects of Fiber Carcinogenesis; Carcinogenesis.* Edited by B.R. Brinkley, J.F. Lechner, C.C. Harris. 1991; 2: 183-205.

Hill J.W. **Health aspect of Man-Made Mineral Fibres. A review.** *Annals of Occupational Hygiene.* 1977; 20(2): 161-173.

Hill J.W. **Man-Made Mineral Fibres.** *Journal of the Society of Occupational Medicine.* 1978; 28(4): 134-141.

Hill J.W. **Review of the epidemiology of MMMF.** *Biological effects of mineral fibres;* 1980; 2: 979-983.

Hill J.W. **Summary of health aspects of MMMF.** 1976; 1-13.

Hill J.W. **The epidemiology of glass fibre exposure and a critique of its significance.** In: *Transcript of Proceedings of the Symposium on Occupational exposure to fibrous glass.* 1976; 243-247.

Hill J.W., Whitehead W.S., Cameron J.D., Hedgecock G.A. **Glass fibres: absence of pulmonary hazard in production workers.** *British Journal of Industrial Medicine.* 1973; 30(2): 174-179.

Hippeli S., Dornisch K., Kaiser S., Dräger U., Elstner E.F. **Biological durability and oxidative potential of a stonewool mineral fibre compared to crocidolite asbestos fibres.** *Archives of Toxicology.* 1997; 71(8): 532-535.

Hippeli S., Dornisch K., Wiethage T., Gillissen A., Müller K.M., Elstner E.F. **Biological durability and oxidative potential of man-made vitreous fibres as compared to crocidolite asbestos fibres.** *Zeitschrift für Naturforschung C, a Journal of Biosciences.* 2001; 56(7-8): 633-648.

Hirano S., Anuradha C.D., Kanno S. **Transcription of krox-20/egr-2 is upregulated after exposure to fibrous particles and adhesion in rat alveolar macrophages.** *American Journal of Respiratory cell and molecular Biology.* 2000; 23(3): 313-319.

Hodgson A.A. **Industrial fibres: a technical and commercial review.** *Annals of Occupational Hygiene.* 1993; 37(2): 203-210.

Hodgson J.T., Darnton A. **Mesothelioma risk from chrysotile.** *Occupational and Environmental medicine.* 2010; 67(6): 432.

Hori H., Ishimatsu S., Oyabu T., Yamato H., Morimoto Y., Tsuda T., Higashi T., Tanaka I. **A clearance model of inhaled man-made fibers in rat lungs.** *Industrial Health.* 1999; 37(1): 103-107.

Hori H., Kasai T., Haratake J., Ishimatsu S., Oyabu T., Yamato H., Higashi T., Tanaka I. **Biological effects of inhaled magnesium sulphate whiskers in rats.** *Occupational and Environmental Medicine.* 1994; 51(7): 492-499.

Horvath E.P. **Health effects of Man-Made Mineral Fibers.** *Cleveland Clinic Journal of Medicine.* 1995; 62(1): 8-10.

Hours M., Fevotte J., Lafont S., Bergeret A. **Cancer mortality in a synthetic spinning plant in Besançon, France.** *Occupational and Environmental medicine.* 2007; 64(9): 575-581.

Howden P.J., Faux S.P. **Fibre-induced lipid peroxidation leads to DNA adduct formation in Salmonella typhirium TA104 and rat lung fibroblasts.** *Carcinogenesis.* 1996; 17(3): 413-419.



- Hsieh M.Y., Guo Y.L., Shiao J.S., Sheu H.M. **Morphology of glass fibers in electronics workers with fiberglass dermatitis-a scanning electron microscopy study.** *International Journal of Dermatology*. 2001; 40(4): 258-261.
- Huang J.Q. **A survey of the health effect of glass fibre on long-term exposed workers.** Presented at the International Symposium on Inhaled Particles. 1991.
- Huang J., Ichinose I., Kunitake T. **Biomolecular modification of hierarchical cellulose fibers through titania nanocoating.** *Angewandte Chemie (International ed. in english)*. 2006; 45(18): 2883-2886.
- Hughes J.M., Hammad Y.Y., Glindmeyer H.W., Jones R., Weill H. **Follow-up study of Man-Made Mineral workers.** *American Review of Respiratory Disease*. 1990; 141: A247.
- Hughes J.M., Jones R., Glindmeyer H.W., Hammad Y.Y., Weill H. **Follow-up study of workers exposed to Man-Made Mineral Fibers.** *British Journal of Industrial Medicine*. 1993; 50(7): 658-667.
- Hunting K.L., Welch L.S. **Occupational exposure to dust and lung disease among sheet metal workers.** *British Journal of Industrial Medicine*. 1993; 50(5): 432-442.
- Hürlimann E. **Asbest und andere faserförmige Arbeitsstoffe. Gesundheitsgefährdung und Schutzmassnahmen** *SUVA Bericht*. 1998; 42.
- Ilgren E.B., Wagner J.C. **Background incidence of mesothelioma: Animal and human evidence.** *Regulatory toxicology and pharmacology*. 1991; 13(2): 133-149.
- Industrial Health Foundation. **Current status of health aspects of fibrous glass and other Man-Made Mineral Fiber: An annotated bibliography.** *IHF's Medical Series Bulletin N° Third Revision*. 1979; 20-79 (55 références).
- Infante P.F., Schuman L.D., Dement J., Huff J. **Fibrous glass and cancer.** *American Journal of Industrial Medicine*. 1994; 26(4): 559-584.
- Infante P.F., Schuman L.D., Huff J. **Fibrous glass insulation and cancer: Response and rebuttal.** *American Journal of Industrial Medicine*. 1996; 30(1): 113-120.
- INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité). **A propos de la directive 97/69/CE. Fibres minérales artificielles : classification et étiquetage européens relatifs à leurs effets cancérigènes.** *Document pour le médecin du travail*. 1998; 73: 91-93.
- INSERM (Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale). **Expertise collective INSERM : effets sur la santé des fibres de substitution à l'amiante.** 1998; 41.
- INSERM, WHO, IARC, CNRS, CEE, NIOSH, MRT, MINISTERE. **Biopersistence of respirable synthetic fibres and minerals.** *Proceedings of conference Lyon*. 1992.
- Institute of Respiratory Medicine. **Respiratory health of workers in the Australian glasswool and rockwool manufacturing industry.** *Final report*. Sydney, March 1994.
- Insulation Wools Research Advisory Board. **Symposium on the health effects of fibrosis materials (excluding asbestos) used in industry.** 30-31 October 1995, Sydney, Australia. *The Journal of Occupational Health and Safety Australia and New Zealand*. 1996; 12(3): 243-385.
- International Agency for Research on Cancer (IARC). **Conference on retrospective assessment of occupational exposures in epidemiology.** Lyon, 13-15 April 1994.

International Agency for Research on Cancer (IARC). **IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Man-Made Vitreous Fibres.** *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic risks to humans.* WHO. 2002; 81:1-381.

International Agency for Research on Cancer (IARC). **Man-Made Mineral Fiber and radon. Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans.** *International Agency for Research on Cancer (IARC).* WHO. Lyon. France. 1988; 39-171.

International Labour office (ILO). **Working paper on safety in the use of mineral and synthetic fibres.** *Meeting of experts on safety in the use of mineral and synthetic fibres.* 1989; 1-48.

International Labour Organisation (ILO). **Meeting of experts on safety in the use of mineral synthetic fibres: Working document and report.** Geneva. 1989.

International Labour Organisation (ILO). **Organisational safety and health series. Safety in the use of mineral and synthetic fibres.** Geneva. 1990.

International Labour Organization (ILO). **Code of practice on safety in the use of synthetic vitreous fibre insulation wools (glass wool, rock wool, slag wool).** 2000; 35 p.

International Programme on Chemical Safety (IPCS). **Environmental Health Criteria 77. Man-Made Mineral Fibres.** WHO. Geneva. 1988.

Ishihara Y. **In vitro studies on biological effects of fibrous minerals.** *Industrial Health* 2001; 39(2): 94-105.

Ishimatsu S., Oyabu T., Hori H., Tanaka I. **A new digestion method for recovery of MMMFs from lungs.** *Industrial Health.* 1999; 37(3): 307-312.

Jacob T.R., Hadley J.G., Bender J.R., Eastes W. **Airborne glass fiber concentrations during installation of residential insulation.** *American Industrial Hygiene Association Journal.* 1992; 53: 519-523.

Järholm B., Hillerdal G., Järliden A.K., Hansson A., Lilja B.G., Tornling G., Westerholm P. **Occurrence of pleural plaques in workers with exposure to mineral wool.** *International Archives of Occupational and Environmental Health.* 1995. 67(5): 343-346.

Jeanmougin L. **Les fibres minérales artificielles : pathogénicité, réglementation. A propos d'un cas pratique en entreprise.** *Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement.* 2006; 67(1): 81.

JEMRB. *Joint European Medical Research Board Information Bulletin.* EURIMA. 1995.

Jensen A.A. **Risk assessment of boron in glass wool insulation.** *Environmental Science and Pollution Research International.* 2009; 16(1): 73-78.

Jensen C.G., Watson M. **Inhibition of cytokinesis by asbestos and synthetic fibres.** *Cell Biology International.* 1999; 23(12): 829-840.

Jesh N.K., Dörger M., Enders G., Rieder G., Vogelmeier C., Messmer K., Krombach F. **Expression of inducible nitric oxide synthase and formation of nitric oxide by alveolar macrophages: an interspecies comparison.** *Environment Health Perspectives.* 1997; 105 Suppl 5: 1297-1300.

Jesh N.K., Dörger M., Messmer K., Krombach F. **Expression of inducible nitric oxide synthase and formation of nitric oxide by alveolar macrophages: an interstrain and interspecies comparison.** *Toxicology Letters.* 1998; 96-97: 47-51.



- Johnson D.L., Healey J.J., Ayer H.E., Lynch J.R. **Exposure to fibers in the manufacture of fibrous glass.** *American Industrial Hygiene Association Journal*. 1969; 30(6): 545-550.
- Johnson N.F. **An overview of animal models for assessing synthetic vitreous fibers (SVFs) safety.** *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 1994; 20(3 Pt 2): S7-S21.
- Johnson N.F., Griffiths D.M., Hill R.J. **Size distribution following long term inhalation of MMMF.** In: *Biological effects of Man-Made Mineral Fibers*. WHO. Copenhagen. 1984; 2: 102-125.
- Johnson N.F., Jaramillo R.J. **p53, Cip1, and Gadd153 expression following treatment of A549 cells with natural and man-made vitreous fibers** *Environmental Health Perspectives*. 1997; 105 Suppl 5: 1143-1145.
- Jolanki R., Mäkinen I., Suuronen K., Alanko K., Estlander T. **Occupational irritant contact dermatitis from synthetic mineral fibres according to Finnish statistics.** *Contact Dermatitis*. 2002; 47(6): 329-333.
- Jones A.D., Miller B.G., Buchanan D., Soutar C.A., Cullen R.T., Davis J.M. **Apparently similar glass microfibres show contrasting toxicity.** Inhaled Particles IX. Proceedings of an International Symposium on Inhaled Particles. *The Annals of Occupational Hygiene*. 2002; 46 Suppl 1: 77-80.
- Jones H.D., Jones T.R., Lyle W.H. **Carbon Fibre: Results of a survey of process workers and their environment in a factory producing continuous filament.** *The Annals of Occupational Hygiene*. 1982; 26(1-4): 861-867.
- Journal Officiel européen. **Directive 97/69/CE de la Commission du 5 décembre 1997 portant vingt-troisième adaptation au progrès technique de la directive (CEE) 67/548/CEE du Conseil concernant le rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives relatives à la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances dangereuses.** *Journal Officiel des Communautés européennes L343*. 13 décembre 1997; 19-24.
- Journal Officiel français. **Arrêté du 28 août 1998 modifiant l'arrêté du 20 avril 1984 relatif à la déclaration, la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances et portant transcription de la directive (CE) 97/69 de la Commission du 5 décembre 1997 portant vingt-troisième adaptation au progrès technique de la directive (CEE) 67/548 modifiée.** *Journal Officiel n°209*. 10 septembre 1998; 13800-13801.
- Julier F., Tiesler H., Zindler G. **Messung der Faserstaubkonzentration beim Umgang mit Mineralwolle-Isolierungen auf industriellen Baustellen.** *Staub Reinhaltung der Luft*. 1993; 53: 245-250.
- Kamstrup O. **Carcinogenicity assessment of synthetic vitreous fibers. International regulatory perspective.** *Regulatory toxicology and pharmacology*. 1994; 20(3 Pt 2): S182-S189.
- Kamstrup O., Davis J.M., Ellehauge A., Guldborg M. **The biopersistence and pathogenicity of man-made vitreous fibres after short- and long-term inhalation.** *Annals of Occupational Hygiene*. 1998; 42(3): 191-199.
- Kamstrup O., Ellehauge A., Bellmann B., Chevalier J., Davis J.M. **Subchronic inhalation study of stone wool fibres in rats.** *Annals of Occupational Hygiene*. 2004; 48(2): 91-104.
- Kamstrup O., Ellehauge A., Chevalier J., Davis J.M., McConnell E.E., Thevenaz P. **Chronic inhalation studies of two types of stone wool fibers in rats.** *Inhalation Toxicology*. 2001; 13(7): 603-621.
- Kamstrup O., Ellehauge A., Collier C.G., Davis J.M. **Carcinogenicity studies after intraperitoneal injection of two types of stone wool fibres in rats.** *Annals of Occupational Hygiene*. 2002; 46(2): 135-142.
- Kanapilly G.M. **Alveolar microenvironment and its relationship to the retention and transport into the blood of aerosols deposited in the alveoli.** *Health Physics*. 1977; 32(2): 89-100.

Kane A.B. **Animal models of mesothelioma induced by mineral fibers: implications for human risk assessment.** *To be published in: Relevance of animal studies to Evaluate Human Cancer Risk.* Edited by R. D'Annato, T.J. Slaga, W. Farland, C. Henry. 1992.

Kane A.B. **Fiber dimensions and mesothelioma: a reappraisal of the Stanton hypothesis.** *In: Mechanisms in fibre carcinogenesis.* Edited by R.C. Brown, J.A. Hoskins, N.F. Johnson. NATO ASI series. Plenum press, New York. 1991; 223: 131-141.

Karami S. , Boffetta P., Stewart P.S., Brennan P., Zaridze D., Matveev V., Janout V., Kollarova H., Bencko V., Navratilova M., Szeszenia-Dabrowska N., Mates D., Gromiec J., Slamova A., Chow W.H., Rothman N., Moore L.E. **Occupational exposure to dusts and risk of renal cell carcinoma.** *British Journal of Cancer.* 2011; 104(11): 1797-1803.

Kauffer E., Barat F., Certin J.F., Laureillard J., Vigneron J.C. **Exposition aux laines minérales artificielles lors de la pose de matériaux isolants.** *Journée d'étude Les laines minérales isolantes dans le bâtiment : effets sur la santé.* Vandoeuvre. 20 décembre 1991; 79-95.

Kauffer E., Barat F., Certin J.F., Laureillard J., Vigneron J.C. **Matériaux isolants formés de fibres minérales artificielles. Niveaux d'empoussièrement et mesures de prévention lors de la pose.** *Cahiers de notes documentaires n°1907-150-93 – Sécurité et hygiène du travail.* 1993; 150: 25-33.

Kauffer E., Vigneron J.C. **Enquête épidémiologique dans deux usines productrices de Fibres Minérales Artificielles. Mesure des niveaux d'empoussièrement.** *Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement.* 1987; 48: 1-6.

Kauffer E., Vincent R. **Occupational exposure to mineral fibres: analysis of results stored on colchic database.** *Annals of Occupational Hygiene.* 2007; 51(2): 131-142.

Kerspe J.H. **Studie - Gesundheitliche risiken durch KMF. [Study--the health risks of MMMF].** *Holzbau-Technik.* 1992; 3.

Kiakouama L., Faucon D. **Refractory ceramic fibres: A human health hazard? A literature review. [Les fibres céramiques réfractaires : un danger pour l'Homme ? Revue de la littérature].** *Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement.* 2010; 71(5): 759-770.

Kilburn K.H., Powers D., Warshaw R.H. **Pulmonary effects of exposure to fine fibreglass: irregular opacities and small airways obstruction.** *British Journal of Industrial Medicine.* 1992; 49(10): 714-720.

Kim J.H., Chang H.S., Kim K.Y., Park W.M., Lee Y.J., Choi H.C., Kim K.A., Lim Y. **Environmental measurements of total dust and fiber concentration in manufacturer and user of man-made mineral fibers.** *Industrial Health.* 1999; 37(3): 322-328.

Kim K.A., Lee W.K., Kim J.K., Seo M.S., Lim Y., Lee K.H., Chae G., Lee S.H., Chung Y. **Mechanism of refractory ceramic fiber-and rock wool-induced cytotoxicity in alveolar macrophages.** *International Archives Journal of Occupational and Environmental Health.* 2001; 74(1): 9-15.

Kjaerheim K., Boffetta P., Hansen J., Cherrie J., Chang-Claude J., Eilber U., Ferro G., Guldner K., Olsen J.H., Plato N., Proud L., Saracci R., Westerholm P., Andersen A. **Lung cancer among rock and slag wool production workers.** *Epidemiology.* 2002; 13(4): 445-453.

Klingholz R., Steinkopf B. **The reactions of MMMF in a physiological model fluid and in water.** *In: Biological effects of man Made-Mineral Fibres.* Proceedings of a WHO/IARC Conference. WHO. Copenhagen. 1984; 2: 60-86.

- Klocke F., Koenig W., Wuertz C., Dietz C. **Environmental effects and safety in machining fibrous composites.** In: *Machining of Ceramics and Composites*. Edited by S. Jahanmir, M. Ramulu, P. Koshy. 1999; 53: 411-425.
- Knudsen T., Guldberg M. Christensen V.R., Jensen S.L. **A new type of stonewool (HT-fibres) with a high dissolution rate at pH 4.5.** *Glastechnische Berichte-Glass Science and Technology*. 1996; 69(10): 331-337.
- Kobayashi M., Kon M., Miyai K., Asaoka K. **Strengthening of glass-ionomer cement by compounding short fibres with CaO-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> glass.** *Biomaterials*. 2000; 21(20): 2051-2058.
- Kohyama N. **Length-reduction method for man-made mineral fibers for biological experiments.** *Industrial Health*. 1997; 35(1): 126-134.
- Kohyama N., Tanaka I., Tomita M., Kudo M. Shinohara Y. **Preparation and characteristics of standard reference samples of fibrous minerals for biological experiments.** *Industrial Health*. 1997; 35(3): 415-432.
- Kojola W.H., Moran J.B. **Exposure limits for Man-Made Mineral Fibers. Position of the building and construction trades department, AFL-CIO.** *Applied Occupational and Environmental Hygiene*. 1992; 7: 724-733.
- Koketsu M. **Celanese fibers company, Celriver plant, Rock hill, South Carolina.** *National Institute for Occupational and Environmental Safety and Health*. 1978.
- Koenig A.R., Hamilton R.D., Laskowski T.E., Olson J.R., Gordon J.F., Christensen V.R., Byers C.D. **Fibre diameter measurement of bulk man-made vitreous fibre.** *Analytica Chimica Acta*. 1993; 280: 289-298.
- Konzen J.L. **Fiberglass-containing composite material.** *Applied Industrial Hygiene; Special Issue*. 1989; 37-39 (15 références).
- Konzen J.L. **TIMA's health research program in the insulation industry.** *Occupational exposure to fibrous glass*. Proceedings of a Symposium. DHEW Publication N° NIOSH 76-151. 1976; 342-347.
- Korallus U. **Glasfasern. Glass fibre.** *Arbeitsmed Sozialmed Präventivmed*. 1976; 11: 87-91.
- Krombach F., Münzing S., Allmeling A.M., Gerlach J.T., Behr J., Dörger M. **Cell size of alveolar macrophages: An interspecies comparison.** *Environmental Health Perspectives*. 1997; 105 Suppl 5: 1261-1263.
- Kronenberg R.S., Levin J.L., Dodson R.F., Garcia J.G., Griffith D.E. **Asbestos-related disease in employees of a steel mill and a glass bottle manufacturing plant.** *Toxicology and Industrial Health*. 1991; 7(1-2): 73-79.
- Kudo Y., Aizawa Y. **Biopersistence of rock wool in lungs after short-term inhalation in rats.** *Inhalation Toxicology*. 2008; 20(2): 139-147.
- Kudo Y., Aizawa Y. **Safety Evaluation of Rock Wool after Nasal Inhalation in Rats.** *Industrial health*. 2011; 49(1): 47-55.
- Kudo Y., Kohyama N., Satoh T., Konishi Y., Aizawa Y. **Behavior of rock wool in rat lungs after exposure by nasal inhalation.** *Journal of Occupational Health*. 2006; 48(6): 437-345.
- Kudo Y., Kotani M., Aizawa Y. **Cytotoxicity study of rock wool by cell magnetometric evaluation.** *Regulatory toxicology and pharmacology*. 2009; 55(2): 151-157.
- Kudo Y., Kotani M., Tomita M., Aizawa Y. **Effects of rock wool on the lungs evaluated by magnetometry and biopersistence test.** *Journal of occupational Medicine and Toxicology*. 2009; 4:5.

Kudo Y., Watanabe M., Okada M., Shinji H., Niitsuya M., Satoh T., Sakai Y., Kohyama N., Kotani M., Aizawa Y. **Comparative cytotoxicity study of rock wool and chrysotile by cell magnetometric evaluation.** *Inhalation Toxicology.* 2003; 15(13): 1275-1295.

Kuschner M. **Peer review: Pathogenicity of MMMF in contrast to natural fibres.** *In: Biological effects of man-made mineral fibres.* 1982; 367-369.

Labreche F., Goldberg M.S., Valois M.F., Nadon L. **Postmenopausal breast cancer and occupational exposures.** *Occupational and Environmental medicine.* 2010; 67(4): 263-269.

Lacourt A., Gramond C., Audignon S., Ducamp S., Fevotte J., Soit Ilg A.G., Goldberg M., Imbernon E., Brochard P. **Pleural mesothelioma and occupational co-exposure to asbestos, mineral wool and silica.** *American Journal of Respiratory and Critical care medicine.* 2013; 1-31.

Lafon P. **Principe du test de biosolubilité.** Saint-Gobain Recherche. 1997.

Lambré C., Schorsch F., Blanchard O., Richard J., Boivin J.C., Hanton D., Grimm H., Morscheidt C. **An evaluation of the carcinogenic potential of five man-made vitreous fibers using the intraperitoneal test.** *Inhalation Toxicology.* 1998; 10: 995-1021.

Lamm S.H. **Is fiberglass exposure a carcinogenic risk to humans?** *Report to National Association of Home Builders.* 1994.

Langer A.M., Nolan R.P. **Physiochemical properties of minerals relevant to biological activities.** *In: In vitro effects of mineral dusts.* Edited by E.G. Beck, J. Bignon. NATO ASI series. Plenum press. 1985; 3: 9-24.

Larsen G. **Experimental data on in vitro fibre solubility.** *In: Non-Occupational exposure to mineral fibres.* Edited by J. Bignon, J. Peto, R. Saracci. IARC Scientific publications. Lyon. 1989; 90: 134-139.

Law B., Bunn W., Hesterberg T. **In vitro solubility studies of natural and man-made vitreous fibers in synthetic physiological fluids at pH 4 & 7.4.** *Presentation to the Thermal Insulation Manufacturers Association Medical and Scientific Committee.*

Law B.D., Bunn W.B., Hesterberg T.W. **Solubility of polymeric organic fibers and man-made vitreous fibers in Gamble's solution.** *Inhalation Toxicology.* 1990; 2: 321-339.

Le Bouffant L., Daniel H., Henin J.P., Martin J.C., Normand C., Tichoux G., Trolard F. **Experimental study on long-term effects of inhaled MMMF on the lungs of rats.** *Annals of Occupational Hygiene.* 1987; 31(4B): 765-790.

Le Bouffant L., Henin J.P., Martin J.C., Normand C., Tichoux G., Trolard F. **Distribution of inhaled MMMF in the rat lung -- long-term effects.** *In: Biological Effects of Mineral Fibres.* WHO. Copenhagen. 1984; 2: 143-168.

Le Vee W.N., Schulte P.A. **Occupational exposure to fibrous glass--A symposium.** *Publication N° NIOSH 76-151.* 1976.

Lea C.S., Hertz-Picciotto I., Andersen A., Chang-Claude J., Olsen J.H., Pesatori A.C., Teppo L., Westerholm P., Winter P.D., Boffetta P. **Gender differences in the healthy worker effect among synthetic vitreous fiber workers.** *American Journal of Epidemiology.* 1999; 150(10): 1099-1106.

Lee I.M., Hennekens C.H., Trichopoulos D., Buring J.E. **Man-Made Vitreous Fibers and risk of respiratory system cancer: a review of the epidemiologic evidence.** *Journal of Occupational and Environmental Medicine.* 1995; 37(6): 725-738.



Lee K.P., Kelly D.P., Kennedy G.L. Jr. **Pulmonary response to inhaled kevlar aramid synthetic fibers in rats.** *Toxicology and applied pharmacology*.1983; 71(2): 242-253.

Lee K.P., Kelly D.P., O'Neal F.O., Stadler J.C., Kennedy G.L. Jr. **Lung response to ultrafine Kevlar aramid synthetic fibrils following a two-year inhalation exposure in rats.** *Fundamental and applied toxicology*.1988;11(1):1-20.

Lee P.N. **Problems in interpreting epidemiological data.** *Presented at ILSI Conference «Assessment of Inhalation Hazards».* Hannover. 1989; 19-24.

Lees P.S.J., Breyse P.N., McArthur B.R., Miller M.E., Rooney B.C., Robbins C.A., Corn M. **End-user exposures to man-made vitreous fibers: I. Installation of residential insulation products.** *Applied Occupational and Environmental Hygiene*. 1993; 8(12): 1022-1030.

Lehuédé P., De Meringo A. **SEM-EDS analysis of glass fibers corroded in physiological solutions by dynamic tests with variable flow rates.** *Environmental Health Perspectives*. 1994; 102 Suppl 5: 73-75.

Lehuédé P., De Meringo A., Bernstein D.M. **Comparison of the chemical evolution of MMMF following inhalation exposure in rats and acellular in vitro dissolution.** *Inhalation Toxicology*. 1997; 9: 495-523.

Leineweber J.P. **Solubility of fibres in vitro and in vivo.** In: Biological Effects of Mineral Fibres. WHO. Copenhagen. 1984; 87-102.

LEPI (Laboratoire d'Étude des Particules Inhalées). **Mesures de la pollution par les laines minérales lors de travaux d'isolation.** *Rapport interne*. Avril 1992.

Li L., Hsieh Y.L. **Chitosan bicomponent nanofibers and nanoporous fibers.** *Carbohydrate Research*. 2006; 341(3): 374-381.

Limasset J.C., Lardeux P. **Risques liés à l'inhalation de fibres minérales synthétiques : Essai bibliographique. [Hazards of inhaling synthetic mineral fibres: Literature survey].** *Cahiers de notes documentaires n°1045-86-77 - Sécurité et hygiène du travail*. 1977; 86: 27-32.

Linnainmaa M., Kangas J., Mäkinen M., Metsärinne S., Tossavainen A., Sääntti J., Veteli M., Savolainen H., Kalliokoski P. **Exposure to refractory ceramic fibres in the metal industry.** *Annals of Occupational Hygiene*. 2007; 51(6): 509-516.

Lippmann M. **Effects of fiber characteristics on lung deposition, retention, and disease.** *Presented at NIEHS Workshop on Fiber Toxicology Needs*. Research Triangle Park; NC. 1989; 1-26.

Lippmann M. **Effects of fiber characteristics on lung deposition, retention, and disease.** *Environmental Health Perspectives*. 1990; 88: 311-317.

Lipworth L., La Vecchia C., Bosetti C., McLaughlin J.K. **Occupational exposure to rock wool and glass wool and risk of cancers of the lung and the head and neck: a systematic review and meta-analysis.** *Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 2009; 51(9): 1075-1087.

Lockey J., Lemasters G., Rice C., Hansen K., Levin L., Shipley R., Spitz H., Wiot J. **Refractory ceramic fiber exposure and pleural plaques.** *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 1996; 154(5): 1405-1410.

Lockey J., Lemasters G., Rice C., McKay R., Hansen K., Lu J., Levin L., Gartside P. **An industry-wide pulmonary morbidity study of current and former workers manufacturing refractory ceramic fibers and RCF products.** *British Occupational Hygiene Society*. 1991.

Lockey J.E. **Respiratory morbidity of Man-Made Vitreous Fibres production workers: Introduction to a prospective study.** *Annals of Occupational Hygiene.* 1987; 31(4B): 677-680.

Lockey J.E., Lemasters G.K., Rice C.H., McKay R.T., Gartside P.S., TIMA. **An epidemiological study assessing respiratory effects of workers exposed to refractory ceramic fibers.** 1990; 1-99.

Lockey J.E., Lemasters G., Rice C., McKay R., Hansen K., Khoury P., Gartside P., Dimos J., Conkel B., Lu J., Levin L., Ausdenmoore.K., Giles D. **An industry-wide pulmonary morbidity study of workers manufacturing refractory ceramic fibres.** *23rd International Congress on Occupational Health.* Montreal. 1990; 177.

Lockey J.E., Roggli V.L., Hilbert T.J., Rice C.H., Levin L., Borton E.K., Biddinger P.W., Lemasters G.K. **Biopersistence of refractory ceramic fiber in human lung tissue and a 20-year follow-up of radiographic pleural changes in workers.** *Journal of Occupational and Environmental Medicine.* 2012; 54(7): 781-788.

Lockey J.E., Ross C.S. **Radon and Man-made Vitreous Fibers.** *Journal of Allergy and Clinical Immunology.* 1994; 94(2 Pt 2): 310-317.

López-Abente G., Fernández-Navarro P., Boldo E., Ramis R., García-Pérez J. **Industrial pollution and pleural cancer mortality in Spain.** *The Science of the total environment.* 2012; 424: 57-62.

Loreto C., Carnazza M.L., Cardile V., Libra M., Lombardo L., Malaponte G., Martinez G., Musumeci G., Pappa V., Cocco L. **Mineral fiber-mediated activation of phosphoinositide-specific phospholipase in human bronchoalveolar carcinoma-derived alveolar epithelial A549 cells.** *International Journal of oncology.* 2009; 34(2): 371-376.

Luce D., Stücker I., ICARE Study Group. **Investigation of occupational and environmental causes of respiratory cancers (ICARE): a multicenter, population-based case-control study in France.** *BMC Public Health.* 2011; 11: 928.

Luoto K., Holopainen M., Kangas J., Kalliokoski P., Savolainen K. **Dissolution of short and long rockwool and glasswool fibers by macrophages in flowthrough cell culture.** *Environmental research.* 1998; 78(1): 25-37.

Luoto K., Holopainen M., Kangas J., Kalliokoski P., Savolainen K. **The effect of fiber length on the dissolution by macrophages of rockwool and glasswool fibers.** *Environmental Research.* 1995; 70(1): 51-61.

Luoto K., Holopainen M., Karppinen K., Perander M., Savolainen K. **Die Löslichkeit künstlicher Glasfasern in Alveolarmakrophagen kulturen von Ratten in Gamble-Salz lösung. [Dissolution of Man-Made Vitreous Fibres in rat alveolar macrophage culture and Gamble saline solution].** *Staub Reinhaltung der Luft.* Presented at 8th ILO International Conference on Occupational Lung Diseases. 1992; 52(11): 419-423.

Luoto K., Holopainen M., Sarataho M., Savolainen K. **Comparison of cytotoxicity of man-made vitreous fibres.** *Annals of Occupational Hygiene.* 1997; 41(1): 37-50.

Ma Z.J., Otsuki T., Tomokuni A., Aikoh T., Matsuki T., Sakaguchi H., Isozaki Y., Hyodoh F., Uehira K., Isoda K., Ueki A. **Man-made mineral fibers induce apoptosis of human peripheral blood mononuclear cells similarly to chrysotile B.** *International Journal of molecular medicine.* 1999; 4(6): 633-637.

Mänttälä J., Pennanen S., Puputti M., Haapa K., Liesivuori J. **Occupational exposure to alkoxysilanes in a fibreglass manufacturing plant.** *International Archives of Occupational and Environmental Health.* 1999; 72(8): 539-545.

Maltoni C., Minardi F. **Recent results of carcinogenicity bioassays of fibres and other particulate matters.** *In: Non-Occupational Exposure to Mineral Fibres.* IARC Scientific publications. Lyon. 1989; (90): 46-53.



Manville Corp. **Submission to the Office of Toxic Substances, Environmental Protection agency, on the carcinogenicity of ceramic fibers.** 1989.

Maples K.R., Johnson N.F. **Fiber-induced hydroxyl radical formation: correlation with mesothelioma induction in rats and humans.** *Carcinogenesis*. 1992; 13(11): 2035-2039.

Marchant G., Bullock C., Carter C., Connelly R., Crane A., Fayerweather W., Johnson K., Reynolds J. **Applications and findings of an occupational exposure database for synthetic vitreous fibers.** *Journal of Occupational and Environmental hygiene*. 2009; 6(3): 143-150.

Marchant G.E., Amen M.A., Bullock C.H., Carter C.M., Johnson K.A., Reynolds J.W., Connelly F.R., Crane A.E. **A synthetic vitreous fiber (SVF) occupational exposure database: implementing the SVF health and safety partnership program.** *Applied Occupational and Environmental Hygiene*. 2002; 17(4): 276-285.

Marchant G.E., Crane A. **The benefits and challenges of a voluntary occupational exposure database.** *Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 2011; 53(6 Suppl): S52-S56.

Marchand J.L., Luce D., Leclerc A., Goldberg P., Orlowski 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.** *American Journal of Industrial Medicine*. 2000; 37(6): 581-589.

Marks-Konczalik J., Gillissen A., Jaworska M., Löseke S., Voss B., Fisseller-Eckhoff A., Schmitz I., Schultze-Werminghaus G. **Induction of manganese superoxide dismutase gene expression in bronchoepithelial cells after rockwool exposure.** *Lung*. 1998; 176(3): 165-180.

Marsh G., Stone R.A., Henderson V. **1989 update of the US cohort mortality study of rock and slag wool workers.** Symposium on the health effects of fibrous materials (excluding asbestos) used in industry. Sydney, Australia, 30-31 October 1995.

Marsh G., Stone R.A., Youk A., Smith T., Quinn N., Henderson V., Schall L., Wayne L., Lee K. **Mortality among United States rockwool and slagwool workers: 1989 update.** *Journal of Occupational Health and Safety Australia and New Zealand*. 1996; 12: 297-312.

Marsh G.M. **Epidemiological studies of mortality among MMMF workers.** Presented at MMMF Symposium: Health Aspects. 1991; 13-28.

Marsh G.M. **Research, Memorandum: Response statement - Health effects of exposure to fibrous glass wool.** *University of Pittsburgh*. 1991. 4 p.

Marsh G.M., Buchanich J.M., Youk A.O. **Fiber glass exposure and human respiratory system cancer risk: lack of evidence persists since 2001 IARC re-evaluation.** *Regulatory toxicology and pharmacology*. 2011; 60(1): 84-92.

Marsh G.M., Buchanich J.M., Youk A.O. **Historical cohort study of US man-made vitreous fiber production workers: VI. Respiratory system cancer standardized mortality ratios adjusted for the confounding effect of cigarette smoking.** *Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 2001; 43(9): 803-808.

Marsh G.M., Enterline P.E., Stone R.A., Henderson V.L. **Mortality among a cohort of US Man-Made Mineral Fiber workers: 1985 follow-up.** *Journal of occupational Medicine*. 1990; 32(7): 594-604.

Marsh G.M., Gula M.J., Roggli V.L., Churg A. **The Role of smoking and exposure to asbestos and Man-Made Vitreous Fibers in a questionable case of mesothelioma.** *Industrial Health*. 2003; 41(4): 332-334.

Marsh G.M., Gula M.J., Youk A.O., Buchanich J.M., Churg A., Colby T.V. **Historical cohort study of US man-made vitreous fiber production workers: II. Mortality from mesothelioma.** *Journal of Occupational and Environmental Medicine.* 2001; 43(9): 757-766.

Marsh G.M., Youk A.O., Stone R.A., Buchanich J.M., Gula M.J. **Historical cohort study of US man-made vitreous fiber production workers. Reply.** *Journal of Occupational and Environmental Medicine.* 2002; 44(2): 107-108.

Marsh G.M., Youk A.O., Stone R.A., Buchanich J.M., Gula M.J., Smith T.J., Churg A., Colby T. **Does fiber glass pose a respiratory system cancer risk in Humans? Latest findings from the US cohort and nested case-control studies.** Inhaled Particles IX. Proceedings of an International Symposium on Inhaled Particles. *The Annals of Occupational Hygiene.* 2002; 46 Suppl 1: 110-114.

Marsh G.M., Youk A.O., Stone R.A., Buchanich J.M., Gula M.J., Smith T.J., Quinn M.M. **Historical cohort study of US man-made vitreous fiber production workers: I. 1992 Fiberglass cohort follow-up: Initial findings.** *Journal of Occupational and Environmental Medicine.* 2001; 43(9): 741-756.

Martin T.R., Meyer S.W., Luchtel D.R. **An evaluation of the toxicity of carbon fiber composites for lung cells in vitro and in vivo.** *Environment Research.* 1989; 49(2): 246-261.

Martinez G., Loreto C., Rapisarda V., Masumeci G., Valentino M., Carnazza M.L. **Effects of exposure to fluoro-edenite fibre pollution on the respiratory system: an in vivo model.** *Histology and Histopathology.* 2006; 21(6): 595-601.

Marutzky R., Meyer B., Schwarz A. **Formaldehydemissionen aus Mineralwolle-Dämmstoffen.** *Zentralblatt für Arbeitsmedizin.* 1993; 43: 334-338.

Mast R.W., Hesterberg T.W., Glass L.R., McConnell E.E., Anderson R., Bernstein D.M. **Chronic inhalation and biopersistence of refractory ceramic fiber in rats and hamsters.** *Environmental Health Perspectives.* 1994; 102 Suppl 5: 207-209.

Mattson S.M. **Glass fiber dissolution in simulated lung fluid and measures needed to improve consistency and correspondence to in vivo dissolution.** *Environmental Health Perspectives.* 1994; 102 Suppl 5: 87-90.

Maxim L.D., Boymel P., Chase G.R., Bernstein D.M. **Indices of fiber biopersistence and carcinogen classification for synthetic vitreous fibers (SVFs).** *Regulatory toxicology and pharmacology.* 2002; 35(3): 357-378.

Maxim L.D., Eastes W., Hadley J.G., Carter C.M., Niebo R. **Fiber glass and rock/slag wool exposure of professional INSTA.** *Society of Toxicology.* Baltimore March 21-25, 2003.

Maxim L.D., Eastes W., Hadley J.G., Carter C.M., Reynolds J.W., Niebo R. **Fiber glass and rock/slag wool exposure of professional and do-it-yourself installers.** *Regulatory toxicology and pharmacology.* 2003; 37(1): 28-44.

Maxim L.D., Hadley J.G., Potter R.M., Niebo R. **The role of fiber durability/biopersistence of silica-based synthetic vitreous fibers and their influence on toxicology.** *Regulatory toxicology and pharmacology.* 2006; 46(1): 42-62.

Maxim L.D., Mast R.W., Utell M.J., Yu C.P., Boymel P.M., Zoitos B.K., Cason J.E. **Hazard assessment and risk analysis of two new synthetic vitreous fibers.** *Regulatory toxicology and pharmacology.* 1999; 30(1): 54-74.

Maxim L.D., McConnell E.E. **Interspecies comparisons of the toxicity of asbestos and synthetic vitreous fibers: a weight-of-the-evidence approach.** *Regulatory toxicology and pharmacology.* 2001; 33(3): 319-342.

Mayer P. **Stellen Glasfaserstäube und Stäube von künstlichen Mineralfasern; eine Gefährdung für den Menschen dar? [On-the-spot glass fibre dusts and MMMF dusts; a hazard for the people there?].** *Sicherheitsingenieur*. 1981; 12: 10-17.

McConnell E.E. **A science-based paradigm for the classification of synthetic vitreous fibers.** *Regulatory toxicology and pharmacology*. 2000; 32(1): 14-21.

McClellan R.O., Fletcher F.H. **Comments on DRAFT Report on Carcinogens Substance Profile for Glass Wool Fibers (Respirable) as a Class.** 2010; 36 p.

McClellan R.O., Miller F.J., Hesterberg T.W., Warheit D.B., Bunn W.B., Kane A.B., Lippmann M., Mast R.W., McConnell E.E., Reinhardt C.F. **Approaches to evaluating the toxicity and carcinogenicity of man-made fibers: summary of a workshop held November 11-13, 1992, Durham, North, Carolina.** *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 1992; 16(3): 321-364.

McConnell E.E. **Commentary on « Fibrous Glass and Lung Cancer ».** *American Journal of Industrial Medicine*. 1996; 30(1): 109-110.

McConnell E.E., Axten C., Hesterberg T.W., Chevalier J., Miiller W.C., Everitt J., Oberdörster G., Chase G.R., Thevenaz P., Kotin P. **Studies on the inhalation toxicology of two fibreglasses and amosite asbestos in the Syrian golden hamster. Part II. Results of chronic exposure.** *Inhalation Toxicology*. 1999; 11(9): 785-835.

McConnell E.E., Kamstrup O., Musselman R., Hesterberg T.W., Chevalier J., Miiller W.C., Thevenaz P. **Chronic inhalation study of size-separated rock and slag wool insulation fibers in Fischer 344/N rats.** *Inhalation Toxicology*. 1994; 6(6): 571-614.

McConnell E.E., Wagner J.C., Skidmore J.W., Moore J.A. **A comparative study of the fibrogenic and carcinogenic effects of UICC Canadian chrysotile B asbestos and glass microfibre (JM 100).** *In: Biological Effects of Mineral Fibres*. WHO. Copenhagen, 1984; 2: 234-252.

McDonald J.C. **Epidemiologic significance of mineral fiber persistence in human lung tissue.** *Proceedings of Biopersistence conference*. 1992; paper 50: 1-17.

McDonald J.C. **Epidemiological significance of mineral fiber persistence in human lung tissue.** *Environmental Health Perspectives*. 1994; 102 Suppl 5: 221-224.

McDonald J.C. **Peer review: mortality of workers exposed to MMMF - current evidence and future research.** *In: Biological effects of man made mineral fibers*. Edited by T. Guthe. Proceedings of a WHO/IARC Conference. Copenhagen. 1982; 369-380.

McDonald J.W., Alvarez F., Keller C.A. **Pulmonary alveolar proteinosis in association with household exposure to fibrous insulation material.** *Chest*. 2000; 117(6): 1813-1817.

McDonald J.C., Case B.W., Enterline P.E., Henderson V., McDonald A.D., Plourde M., Sebastien P. **Lung dust analysis in the assessment of past exposure of Man-Made Mineral Fibre Workers.** *Annals of Occupational Hygiene*. 1990; 34(5): 427-441.

McDonald J.C., Cullinan P. **Occupational exposure to phyllosilicates: Review of epidemiological studies.** Presented at First Internationale Conference on Health Related Effects of Phyllosilicates. Paris. 1989.

McKay R.T., Lemasters G.K., Hilbert T.J., Levin L.S., Rice C.H., Borton E.K., Lockey J.E. **A long term study of pulmonary function among US refractory ceramic fibre workers.** *Occupational and Environmental medicine*. 2011; 68(2): 89-95.

Meek M.E. **Lung cancer and mesothelioma related to Man-Made Mineral Fibers: the epidemiological evidence.** In: *Mineral fibers and health*. Edited by D. Liddell and K. Miller. 1991; 175-186 (36 références).

Meek M.E., Long G. **Man-Made Vitreous Fibres: Evaluation of risks to health from environmental exposure in Canada.** *Journal of Environmental Science and Health Part C. Environmental Carcinogenesis & Ecotoxicology Reviews*. 1994; 12(2): 361-387.

Merchant J.A. **Human epidemiology: A review of fiber type and characteristics in the development of malignant and nonmalignant disease.** *Environmental Health Perspectives*. 1990; 88: 287-293.

Merchant J.A. Boehlecke B.A. **Occupational respiratory diseases.** *DHHS Publication NIOSH*. 1986; 86-102.

Methner M.M., McKernan J.L., Dennison J.L. **Task-based exposure assessment of hazards associated with new residential construction.** *Applied Occupational and Environmental Hygiene*. 2000; 15(11): 811-819.

Miettinen O.S., Rossiter C.E. **Man-Made Mineral Fibers and lung cancer: epidemiologic evidence regarding the causal hypothesis.** *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*. 1990; 16(4): 221-231.

Miettinen O.S., Rossiter C.E. **Man-Made Mineral Fibers as causes of lung cancer: critical review of the epidemiologic evidence.** *Manuscript presented at 23rd International Congress of Occupational Medicine*. 1990; 180 p.

Miller B.G., Jones A.D., Searl A., Buchanan D., Cullen R.T., Soutar C.A., Davis J.M., Donaldson K. **Influence of characteristics of inhaled fibres on development of tumours in the rat lung.** *Annals of Occupational Hygiene*. 1999; 43(3): 167-179.

Miller B.G., Searl A., Davis J.M., Donaldson K., Cullen R.T., Bolton R.E., Buchanan D., Soutar C.A. **Influence of fibre length, dissolution and biopersistence on the production of mesothelioma in the rat peritoneal cavity.** *Annals of Occupational Hygiene*. 1999; 43(3): 155-166.

Minardi F., Maltoni C. **Results of recent experimental research on the carcinogenicity of natural and modified asbestos.** *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1988; 534: 754-761.

Ministère du travail, de l'emploi et de la formation professionnelle. **Arrêté du 5 janvier 1993 fixant les modalités d'élaboration et de transmission des fiches de données de sécurité.** *Journal Officiel n°32. 7 février 1993*; 2110-2112.

Miserocchi G., Sancini G., Mantegazza F., Chiappino G. **Translocation pathways for inhaled asbestos fibers.** *Environmental Health*. 2008; 7:4.

Mitchell R.I., Donofrio D.J., Moorman W.J. **Chronic inhalation toxicity of fibrous glass in rats and monkeys.** *International Journal of Toxicology*. 1986; 5: 545-575.

Mogensen G. **The durability of mineral fibres in various buffer solutions.** *Rivista della Stazione Sperimentale del Vetro*. 1984; 5: 135-138.

Mohr U., Pott F., Vonnahme F.J. **Morphological aspects of mesotheliomas after intratracheal instillations of fibrous dusts in Syrian golden hamsters.** *Experimental Pathology*. 1984; 26(3): 179-183 (8 références).

Moolgavkar S.H., Brown R.C., Turim J. **Biopersistence, fiber length, and cancer risk assessment for inhaled fibers.** *Inhalation Toxicology*. 2001; 13(9): 755-772.

Moolgavkar S.H., Luebeck E.G., Turim J., Brown R.C. **Lung cancer risk associated with exposure to man-made fibers.** *Drug and chemical toxicology*. 2000; 23(1): 223-242.



Moolgavkar S.H., Turim J., Brown R.C., Luebeck E.G. **Long man-made fibers and lung cancer risk.** *Regulatory toxicology and pharmacology.* 2001; 33(2): 138-146.

Moolgavkar S.H., Turim J., Brown R.C. **The power of the European Union protocol to test for carcinogenicity of inhaled fibers.** *Regulatory toxicology and pharmacology.* 2001; 33(3): 350-355.

Moore M.A., Brown R.C., Pigott G. **Material properties of MMVFs and their time-dependent failure in lung environments.** *Inhalation Toxicology.* 2001; 13(12): 1117-1149.

Morgan A. **In vivo evaluation of chemical biopersistence of Man-Made Mineral Fibers.** *Environmental Health Perspectives.* Proceedings of conference Biopersistence. 7-9 September 1992 Lyon. 1994; 102 Suppl 5: 127-131.

Morgan A. **The removal of fibres of chrysotile asbestos from lung.** *Annals of Occupational Hygiene.* 1994; 38(4): 643-646.

Morgan A., Davis J.A., Mattson S.M., Morris K.J. **Effect of chemical composition on the dissolution rate of glass fibers in-vivo and in-vitro.** Inhaled Particles VII. Proceedings of an International Symposium on Inhaled Particles. *The Annals of Occupational Hygiene.* 1994; 38: 609-617.

Morgan A., Holmes A. **Solubility of asbestos and man-made fibers in vitro and in vivo: Its significance in lung disease.** *Environmental Research.* 1986; 39(2): 475-484.

Morgan A., Holmes A., Davidson W. **Clearance of sized glass fibres from the rat lung and their solubility in vivo.** *Annals of Occupational Hygiene.* 1982; 25(3): 317-331.

Morgan A., Morris K.J., Launder K.A., Hornby S.B., Collier C.G. **Retention of glass fibers in the rat trachea following administration by intratracheal instillation.** *Inhalation Toxicology.* 1994; 6(3): 241-251.

Morimoto Y., Tanaka I. **In vivo studies of man-made mineral fibers--fibrosis-related factors.** *Industrial Health.* 2001; 39(2): 106-113.

Morris K.J., Collier C.G., Eastes W., Launder K.A. **Comparison of biopersistence of experimental glass fibres in the lung and peritoneal cavity.** *Experimental and Toxicologic Pathology.* 1996; 48(6): 490-493.

Morton W.E. **Historical cohort study of US man-made vitreous fiber production workers.** *Journal of Occupational and Environmental medicine.* 2002; 44(2): 106-108.

Mossman B.T. **Carcinogenic potential of asbestos and nonasbestos fibers.** *Journal of Environmental Science and Health Part C Environmental Carcinogenesis Reviews.* 1988; 6(2): 151-195.

Mossman B.T., Lippmann M., Hesterberg T.W., Kelsey K.T., Barchowsky A., Bonner C. **Pulmonary endpoints (lung carcinomas and asbestosis) following inhalation exposure to asbestos.** *Journal of Toxicology and Environmental Health Part B Critical Reviews.* 2011; 14(1-4): 76-121.

Moulin J.J., Mur J.M., Kauffer E., Meyer-Bisch C., Massin N. **Risques professionnels dans l'industrie productrice de Fibres Minérales Artificielles. [Occupational hazards in the Man-Made Mineral Fibre industry: a review of epidemiological surveys].** *Cahiers de notes documentaires.* 1986; 131-144.

Moulin J.J., Mur J.M., Wild P., Perreaux J.P., Pham Q.T. **Oral cavity and laryngeal cancers among Man-Made Mineral Fiber production workers.** *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health.* 1986; 12(1): 27-31.

Moulin J.J., Pham Q.T., Mur J.M., Meyer-Bisch C., Caillard J.F., Massin N, P. Wild, D. Teculescu, P. Delepine, E. Hunzinger, J.P. Perreaux, J. Muller, M. Betz, V. Baudin, J.M. Fontana, J.C. Henquel et J.P. Toamain. **Enquête**

**épidémiologique dans deux usines productrices de fibres minérales artificielles, II : symptômes respiratoires et fonction pulmonaire. [Epidemiological study in two factories producing MMMF, II: Respiratory symptoms and lung function].** *Archives des Maladies Professionnelles de Medecine du Travail et de Securite Sociale.* 1987; 48: 7-16.

Moulin J.J., Wild P., Mur J.M., Caillard J.F., Massin N., Meyer-Bisch C., Toamain J.P., Hanser P., Liet S., Du Roscoat M.N., Segala A. **Respiratory health assessment by questionnaire of 2024 workers involved in Man-Made Mineral Fiber production.** *International Archives of Occupational and Environmental Health.* 1988; 61(3): 171-178.

Muhle H., Bellmann B. **Significance of the biodurability of man-made vitreous fibers to risk assessment.** *Environmental Health Perspectives.* 1997; 105 Suppl 5: 1045-1047.

Muhle H., Bellmann B., Pott F. **Comparative investigations of the bio durability of mineral fibers in the rat lung.** *Environmental Health Perspectives.* 1994; 102 Suppl 5: 163-168.

Muhle H., Bellmann B., Pott F. **Durability of various mineral fibres in rat lungs.** In: *Mechanisms in Fibre Carcinogenesis.* Edited by R.C. Brown, J.A. Hoskins, N.F. Johnson. 1991; 223: 181-187.

Muhle H., Bellmann B., Sebastian K., Bhöm T., Nies E., Barig A. **Fasern: Tests zur abschätzung der Biobeständigkeit und zum Verstaubungsverhalten.** *BIA-Report 2/98.* 1998; 369 p.

Muhle H., Pott F. **Asbestos as reference material for fibre-induced cancer.** *International Archives of Occupational and Environmental Health.* 2000; 73 Suppl 1: S53-S59.

Muhle H., Pott F., Bellmann B., Takenaka S., Ziem U. **Inhalation and injection experiments in rats to test the carcinogenicity of MMMF.** *Annals of Occupational Hygiene.* 1987; 31(4B): 755-764.

Muir D.C. **Health hazards of thermal insulation products.** *Annals of Occupational Hygiene.* 1976; 19(2): 139-145.

Murata-Kamiya N., Tsutsui T., Fujino A., Kasai H., Kaji H. **Determination of carcinogenicity potential of mineral fibers by 8-hydroxydeoxyguanosine as a marker of oxidative DNA damage in mammalian cells.** *International Archives of Occupational and Environmental Health.* 1997; 70(5): 321-326.

Murphy F.A., Schinwald A., Poland C.A., Donaldson K. **The mechanism of pleural inflammation by long carbon nanotubes: interaction of long fibres with macrophages stimulates them to amplify pro-inflammatory responses in mesothelial cells.** *Particle and Fibre Toxicology.* 2012; 9: 8.

Murray A.R., Kisin E.R., Tkach A.V., Yanamala N., Mercer R., Young S.H., Fadeel B., Kagan V.E., Shvedova A.A. **Factoring-in agglomeration of carbon nanotubes and nanofibers for better prediction of their toxicity versus asbestos.** *Particle and Fibre Toxicology.* 2012; 9: 10.

Musselman R.P., Miller W.C., Eastes W., Hadley J.G., Kamstrup O., Thevenaz P., Hesterberg T.W. **Biopersistences of man-made vitreous fibers and crocidolite fibers in rat lungs following short-term exposures.** *Environmental Health Perspectives.* 1994; 102 Suppl 5: 139-143.

Musselman R.P., Wilson R., Langer A.M., Nolan R.P. **Letter to the editor and reply: Risk assessment for glass wool exposure.** *Regulatory toxicology and pharmacology.* 2001; 33(1): 102-103.

Musumeci G., Cardile V., Fenga C., Caggia S., Lorreto C. **Mineral fibre toxicity: expression of retinoblastoma (Rb) and phospho-retinoblastoma (pRb) protein in alveolar epithelial and mesothelial cell lines exposed to fluoro-edenite fibres.** *Cell Biology and Toxicology.* 2011; 27(3): 217-225.



NAIMA (North American Insulation Manufacturers Association). **In vitro Durability Task Force Meeting.** *Minutes of the Thermal Insulation Manufacturers Association.* 1992.

Nasr A.N., Dtichek T., Scholtens P.A. **The prevalence of radiographic abnormalities in the chests of fiberglass workers.** *Journal of occupational Medicine.* 1971; 13(8): 371-376.

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). **Criteria for a recommended standard. Occupational exposure to fibrous glass.** Proceedings of a Symposium NIOSH, Cincinnati. *HEW Publication N° NIOSH 76-151.* 1977.

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). **NIOSH Testimony on mine health research by E. J. Baier, March 31, 1977.** *NIOSH/OO191035.* 1977; 9 p.

National Research Council of Canada (NRCC) Associate Committee on Scientific Criteria for Environmental Quality. **Effects of inhaled particles on human health: influence of particle size and shape.** *Publications NRCC/CNRC.* 1982; 177 p.

National Research Council. **Review of the U.S. Navy's exposure standard for manufactured vitreous fibers.** 2000; 47 p.

National Toxicology Program. **DRAFT Report on Carcinogens Substance Profile for Glass Wool Fibers (Respirable) as a Class.** 2010; 20.

NATO Advanced Science Institute Series. **Mechanisms in fibre carcinogenesis.** Edited by R.C. Brown, J.A. Hoskins, N.F. Johnson. *Plenum Press.* New York, USA. 1991; vol. 223.

Ness G.O., Dement J.M., Waxweiler R.J., Wagoner J.K. **A preliminary report of the mortality patterns and occupational exposures of a cohort of mineral wool production workers.** *In: Dusts and Diseases.* Edited by R. Lemen, J.M. Dement. Pathotox Publishers. 1979; 233-249.

Nguea H.D., De Reydellet A., Le Faou A., Zaiou M., Rihn B. **Macrophage culture as a suitable paradigm for evaluation of synthetic vitreous fibers.** *Critical reviews in toxicology.* 2008; 38(8): 675-695.

Nicholson W.J., Tarr D. **Occupational hazards in production and processing of styrene polymers epidemiologic findings.** *Progress in clinical and biological research.* 1984; 141: 263-277.

Nielsen E., Ladefoged O., Nørhede P. **Evaluation of health hazards by inhalation of mineral wools.** *Toxicology Letters.* 2006; 164 Suppl 1: S147-S148.

Nikitina O.V., Kogan F.M., Vanchugova N.N., Frash V.N. **Comparative oncogenicity of basalt fibers and chrysotile asbestos.** *Gigiena truda i professional'nye Zabolevaniia.* 1989; 4: 7-11.

Nishiike T., Nishimura Y., Wada Y., Iguchi H. **Production of nitric oxide elevates nitrosothiol formation resulting in decreased glutathione in macrophages exposed to asbestos or asbestos substitutes.** *Archives of toxicology.* 2005; 79(2): 83-89.

Nolan R.P., Langer A.M. **Limitations of the Stanton hypothesis.** *In: Health effects of mineral dusts.* Edited by G.D. Guthrie, B.T. Mossman. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry.* 1993; 28: 309-326.

Noorlind Brage H., Axelson O. **Wood workers potentially exposed to Man-Made Mineral Fibers and death from some malignant diseases.** 1990; 612.

Nymark P., Alstrup Jensen K., Suhonen S., Kembouche Y., Vippola M., Kleinjans J., Catalan J., Norppa H., van Delft J., Briedé J.J. **Free radical scavenging and formation by multi-walled carbon nanotubes in cell free conditions and in human bronchial epithelial cells.** *Particle and Fibre Toxicology.* 2014; 11(1): 4.

Oberdörster G. **Deposition, elimination and effects of fibres in the respiratory tract of humans and animals.** *VDI-Berichte.* 1991; 853: 17-37

Oberdörster G. **Determinants of the pathogenicity of man-made vitreous fibers (MMVF).** *Archives of Environmental & Occupational Health.* 2000; 73 Suppl 1: S60-S68.

Office of administrative law (OAL). **California Regulatory Notice Register.** November 18, 2011. 46-Z: 1878.

Ohyama M., Otake T., Morinaga K. **Effect of size of man-made and natural mineral fibers on chemiluminescent response in human monocyte-derived macrophages.** *Environmental Health Perspectives.* 2001; 109(10): 1033-1038.

Okabe K., Murthy G.G., Vallarino J.A., Shornik W.A., Hatch V.C., Katler M.R., Tsuda A., Godleski J.J. **Deposition efficiency of inhaled fibers in the hamster lung.** *Inhalation Toxicology.* 1997; 9(2): 85-98.

Olsen J.H., Jensen O.M. **Cancer incidence among employees in one mineral wool production plant in Denmark.** *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health.* 1984; 10(1): 17-24.

Olsen J.H., Jensen O.M., Kampstrup O. **Influence of smoking habits and place of residence on the risk of lung cancer among workers in one rock-wool producing plant in Denmark.** *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health.* 1986; 12 Suppl 1: 48-52.

Onay E.O., Korkmaz Y., Kiremitci A. **Effect of adhesive system type and root region on the push-out bond strength of glass-fibre posts to radicular dentine.** *International Endodontic Journal.* 2010; 43(4): 259-268.

Ong T., Liu Y., Zhong B.Z., Jones W.G., Whong W.Z. **Induction of micronucleated and multinucleated cells by man-made fibers in vitro in mammalian cells.** *Journal of Toxicology and Environmental Health.* 1997; 50(4): 409-414.

Ono-Ogasawara M., Kohyama N. **Evaluation of surface roughness of fibrous minerals by comparison of BET surface area and calculated one.** *Annals of Occupational Hygiene.* 1999; 43(8): 505-511.

Osinubi O.Y., Gochfeld M., Kipen H.M. **Health effects of asbestos and nonasbestos fibers.** *Environmental Health Perspectives.* 2000; 108 Suppl 4: 665-674.

Osmond-McLeod M.J., Poland C.A., Murphy F., Waddington L., Morris H., Hawkins S.C., Clark S., Aitken R., McCall M.J., Donaldson K. **Durability and inflammogenic impact of carbon nanotubes compared with asbestos fibres.** *Particle and fibre toxicology.* 2011; 8:15.

Otsuki T., Maeda M., Murakami S., Hayashi H., Miura Y., Kusaka M., Nakano T., Fukuoka K., Kishimoto T., Hyodoh F., Ueki A., Nishimura Y. **Immunological effects of silica and asbestos.** *Cellular & Molecular Immunology.* 2007; 4(4): 261-268.

Ottaviani M.F., Tomatis M., Fubini B. **Surface properties of vitreous fibers.** *Journal of colloid and interface Science.* 2000; 224(1): 169-178.

Pairon J.C., Brochard P., De Vuyst P. **Effets sur la santé des fibres minérales artificielles.** *La revue du Praticien.* 1998 ; 48(12): 1303-1308.

Pairon J.C., Brochard P., De Vuyst P. **Effets sur la santé des fibres minérales artificielles** *Energie Santé.* 1998; vol. 9.

Palomäki E., Uitti J., Virtema P., Voutilainen R., Heinijoki L., Savolainen A. **Decreasing irritation symptoms by replacing partially coated acoustic glass wool boards with fully coated boards.** *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health Supplements.* 2008; (4): 64-68.

Paris C., Czernichow P., Faure J.J., Maret Y., Caillard J.F., Ragazzini I. **Cancers of the upper airways in subjects exposed to MMMF at work. [Cancers des voies aéro-digestives supérieures chez les sujets exposés professionnellement aux Fibres Minérales Artificielles].** *Manuscript presented at 23rd International Congress of Occupational Medicine.* 1990; 176.

Patiwael J.A., Wintzen M., Rustemeyer T., Bruynzeel D.P. **Airborne irritant contact dermatitis due to synthetic fibres from an air-conditioning filter.** *Contact Dermatitis.* 2005; 52(3): 126-129.

Patroni M. **Fibre di vetro in ambiente di vita.** *Giornale degli igienisti industriali - Il punto sulle fibre di vetro.* 1989; 15: 59-70.

Petersen R., Sabroe S. **Irritative symptoms and exposure to mineral wool.** *American Journal of Industrial Medicine.* 1991; 20(1): 113-122.

Pézerat H. **Fibres de substitution à l'amiante : Toxicité et prévention.** *Préventique Sécurité.* 1999; 43: 47-55.

Pézerat H. **Le chrysotile, une variété d'amiante. Des études biaisées, des risques certains.** *Préventique Sécurité.* 2008; 100: 30-35.

Pézerat H., Guignard J., Cherrie J.W. **Man-Made Mineral fibres and lung cancer. An hypothesis.** *Toxicology and Industrial Health.* 1992; 8(1-2): 77-87.

Pintos J., Parent M.E., Rousseau M.C., Case B.W., Siemiatycki J. **Occupational exposure to asbestos and man-made vitreous fibers, and risk of lung cancer: evidence from two case-control studies in Montreal, Canada.** *Journal of Occupational and Environmental Medicine.* 2008; 50(11): 1273-1281.

Pira E., Manzari M., Gallus S., Negri E., Bosetti C., Romano C., McLaughlin J.K., Boffetta P., La Vecchia C. **Cancer mortality in a cohort of continuous glass filament workers.** *Journal of Occupational and Environmental Medicine.* 2009; 51(2): 239-242.

Plato N., Gustavsson P., Krantz S., **Assessment of past exposure to man-made vitreous fibers in the Swedish prefabricated house industry.** *American journal of Industrial Medicine.* 1997; 32(4): 349-354.

Plato N., Krantz S., Gustavsson P., Smith T.J., Westerholm P. **Fiber exposure assessment in the Swedish rock wool and slag wool production industry in 1938-1990.** *Scandinavian Journal of Work Environment & Health.* 1995; 21(5): 345-352.

Plato N., Krantz S., Andersson L., Gustavsson P., Lundgren L. **Characterization of current exposure to man-made vitreous fibres (MMVF) in the prefabricated house industry in Sweden.** *Annals of occupational hygiene.* 1995; 39(2): 167-179.

Plato N., Krantz S., Andersson L., Lundgren L., et al. **Charakterisierung der gegenwärtigen Exposition durch Mineralfasern bei schwedischen Arbeitern in der Holzhausindustrie. [Characterisation of present exposure to mineral fibres among Swedish workers in the timber house industry].** *Bericht des Karolinska Krankenhauses Stockholm Nr. 4/90 Projekt Nr.* 1990; 87.

Plato N., Westerholm P., Gustavsson P., Hemmingsson T., Hogstedt C., Krantz S. **Cancer incidence, mortality and exposure-response among Swedish Man-Made Vitreous Fiber production workers.** *Scandinavian Journal of Work Environment & Health.* 1995; 21(5): 353-361.

Plato N., Westerholm P., Gustavsson P., Hemmingsson T., Hogstedt C., Krantz S. **Lung cancer mortality in the Swedish mineral wool insulation industry - a follow up study.** *In: 9th International Symposium Epidemiology in Occupational Health.* Cincinnati, 1992.

Podsiadlo P., Kaushik A.K., Arruda E.M., Waas A.M., Shim B.S., Xu J., Nandivada H., Pumplin B.G., Lahann J., Ramamoorthy A., Kotov N.A. **Ultrastrong and stiff layered polymer nanocomposites.** *Science*. 2007; 318(5847): 80-83.

Pohlbeln H., Jöckel K.H., Brüske-Hohlfeld I., Möhner M., Ahrens W., Bolm-Audorff U., Arhelger R., Römer W., Kreienbrock L., Kreuzer M., Jahn I., Wichmann H.E. **Lung cancer and exposure to man-made vitreous fibers: Results from a pooled case-control study in Germany.** *American Journal of Industrial Medicine*. 2000; 37(5): 469-477.

Pott F. **Animal experiments on biological effects of mineral fibres.** In: *Biological Effects of Mineral Fibres*. Edited by J.C. Wagner. IARC Scientific Publications. Lyon, France. 1980; (30): 261-272.

Pott F. **Die krebserzeugende Wirkung anorganischer Fasern im Tierexperiment--Daten und Bewertung.** *Berichte aus den einzelnen Forschungsgebieten*. 1989; 98-134.

Pott F. **Problems in defining carcinogenic fibres.** *Annals of Occupational Hygiene*. 1987; 31(4B): 799-802.

Pott F., Bellmann B., Muhle H., Rödelsperger K., Rippe R.M., Roller M., Rosenbruch M. **Intraperitoneal injection studies for the evaluation of the carcinogenicity of fibrous phyllosilicates.** *Health related effects of phyllosilicate*. NATO ASI SERIES. 1990; 21: 319-329.

Pott F., Dolgner R., Friedrichs K.H., Huth F. **L'effet oncogène des poussières fibreuses. L'expérimentation animale et ses relations avec la carcinogénèse humaine.** *Annales d'anatomie pathologique*. 1976; 21(2): 237-246.

Pott F., Dungworth D.L., Heinrich U., Muhle H., Kamino K., Germann P.G., Roller M., Rippe R.M., Mohr U. **Lung tumours in rats after intratracheal instillation of dusts.** Inhaled Particles VII. Proceedings of a BOHS Conference. *Annals of Occupational Hygiene*. 1994; 38: 357-363.

Pott F., Schlipkötter H.W., Ziem U., Spurny K., Huth F. **New results from implantation experiments with mineral fibres.** In: *Biological Effects of Mineral Fibres*. WHO, Copenhagen. 1984; 2: 286-302.

Pott F., Friedrichs K.H. **Tumoren der Ratte nach i.p.-Injektion faserförmiger Stäube.** *Naturwissenschaften*. 1972; 59(7): 318.

Pott F., Friedrichs K.H., Huth F. **Ergebnisse aus Tierversuchen zur kanzerogenen Wirkung faserförmiger Stäube und ihre Deutung in Hinblick auf die Tumorentstehung beim Menschen. [Results of animal experiments concerning the carcinogenic effect of fibrous dusts and their interpretation with regard to the carcinogenesis in humans].** *Zentralblatt für Bakteriologie, Mikrobiologie und Hygiene 1. Abt. Originale B, Hygiene*. 1976; 162: 467-505.

Pott F., Huth F., Friedrich K.H. **Tumorigenic effects of fibrous dusts in experimental animals.** *Environmental Health Perspectives*. 1974; 9: 313-315.

Pott F., Matscheck A., Ziem U., Muhle H., Huth F. **Animal experiments with chemically treated fibres.** *Annals of Occupational Hygiene*. 1988; 32 Suppl 1: 353-359.

Pott F., Roller M. **Carcinogenicity of synthetic fibres in experimental animals: its significance for workers.** *Journal of occupational Health and Safety Australia and New Zealand*. 1996; 12(3): 333-340.

Pott F., Roller M., **Inwieweit können Kanzerogenizitäts prüfungen von glassigen Fasern durch Daten über ihre Biopersistence ersetzt werden?.** *Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft*. 1998; 58: 85-92.



Pott F., Roller M., Kamino K., Bellmann B. **Significance of durability of mineral fibers for their toxicity and carcinogenic potency in the abdominal cavity of rats in comparison with the low sensitivity of inhalation studies.** *Environmental Health Perspectives*. Proceedings of Biopersistence conference, Lyon, 7-9 September 1992. 1994; 102 Suppl 5: 145-150.

Pott F., Roller M., Rippe R.M., Germann P.G., Bellmann B. **Tumours by the intraperitoneal and intrapleural routes and their significance for the classification of mineral fibres.** In: *Mechanisms in Fibre Carcinogenesis*. Edited by R.C. Brown, J.A. Hoskins, N.F. Johnson. NATO ASI Series. 1997; 223: 547-665.

Pott F., Roller M., Ziem U., Reiffer F.J., Bellmann B., Rosenbruch M., Huth F. **Carcinogenicity studies on natural and Man-Made Fibres with the intraperitoneal test in rats.** In: *Non-occupational exposure to mineral fibres*. Edited by J. Bignon, J. Peto, R. Saracci. IARC Scientific Publications. 1989; (90): 173-179.

Pott F., Schlipkoter H.W., Roller M., Rippe R.M., Germann P.G., Mohr U., Bellmann B. **Kanzerogenität von Glasfasern mit unterschiedlicher Beständigkeit. [Carcinogenicity of glass fibres of varying durability].** *Zentralblatt für Hygiene und Umweltmedizin*. 1990; 189: 563-566.

Pott F., Ziem U., Mohr U. **Lung carcinomas and mesotheliomas following intratracheal instillation of glass fibres and asbestos.** In: *6th International Pneumoconiosis conference 1983*. 1984; 2: 746-756.

Pott F., Ziem U., Reiffer F.J., Huth F., Ernst H., Mohr U. **Carcinogenicity studies on fibres, metal compounds, and some other dusts in rats.** *Experimental Pathology*. 1987; 32(3): 129-152.

Potter R.M. **Methode zur Bestimmung der In-vitro-Auflösungsrate von Glasfasern durch direkte optische Messung der Durchmesserabnahme. [Method for determination of in-vitro fiber dissolution rate by direct optical measurement of diameter decrease].** *Glastechnische Berichte-Glass Science and Technology*. 2000; 73(2): 46-55.

Potter R.M., Mattson S.M. **Glass fiber dissolution in a physiological saline solution.** *Glastechnische Berichte-Glass Science and Technology*. 1991; 64(1): 16-28.

Price B. **Industrial-grade talc exposure and the risk of mesothelioma.** *Critical reviews in toxicology*. 2010; 40(6): 513-530.

Proietti L., Giallongo A., Zakrzewska A.M., Ammoscato I., Lombardo L., Frasca G., Cardile V. **Fibers glass induced cytotoxicity and genotoxicity.** *Giornale italiano di medicina del lavoro ed ergonomia*. 2007; 29(3 Suppl): 274-276.

Proposition française. **Assessment of MMF's toxicity submission by French authorities to DGXI of the European Union.** Préparé par Margaux Orange Organisation, 46 rue de la Clef, 75005 Paris, France, 1995.

Pundsack F.L. **Fibrous glass-manufacture, use and physical properties.** In: *Occupational exposure to fibrous glass*. Edited by W.N. Le Vee. Proceedings of a Symposium. DHEW Publication N° NIOSH 76-151. 1976; 11-18.

Purdue M.P., Järholm B., Bergdahl I.A., Hayes R.B., Baris D. **Occupational exposures and head and neck cancers among Swedish construction workers.** *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*. 2006; 32(4): 270-275.

Quinn M.M., Smith T.J., Eisen E.A., Wegman D.H., Ellenbecker M.J. **Implications of different fiber measures for epidemiologic studies of man-made vitreous fibers.** *American Journal of Industrial Medicine*. 2000; 38(2): 132-139.

Quinn M.M., Smith T.J., Youk A.O., Marsh G.M., Stone R.A., Buchanich J.M., Gula M.J. **Historical cohort study of US man-made vitreous fiber production workers: VIII. Exposure-specific job analysis.** *Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 2001; 43(9): 824-834.

- Renne R.A., Eldridge S.R., Lewis T.R., Stevens D.L. **Fibrogenic potential of intratracheally instilled quartz, ferric oxide, fibrous glass, and hydrated alumina in Hamsters.** *Toxicologic Pathology.* 1985; 13(4): 306-314.
- Renovanz H.D. **Zur Frage der Pathogenität und Toxizität von amorpher Kieselsäure. [On the question of the pathogenicity and toxicity of amorphous silicic acid].** *Staub-Reinhaltung der Luft.* 1984; 44(5): 217-220.
- Riboldi L., Rivolta G., Barducci M., Errigo G., Picchi O. **Patologia respiratoria da fibre e filato di MMVF. Respiratory disease due by MMVF fibers and yarn.** *La Medicina del Lavoro.* 1999; 90(1): 53-66.
- Richard J., Grimm H.G., Attia M., De Reydellet A. **Results from a long-term carcinogenicity study in rats with intraperitoneal injection of soluble fibrous dusts.** Inhaled Particles IX. Proceedings of an International Symposium on Inhaled Particles. *Annals of Occupational Hygiene.* 2002; 46 Suppl 1: 105-109.
- Rindel A. **Man-Made Mineral Fibres in indoor climate.** In: *Indoor air: Proceedings of the 3rd international conference on indoor air quality and climate.* Edited by B. Berglund, T. Lindvall, J. Sundell. Stockholm. Suède. Swedish Council for Building Research. 1984; 221-224.
- Rindel A., Hugod C., Bach E., Breum N.O. **Effect on health of Man-Made Mineral Fibres in kindergarden ceilings.** In: *Non-occupational exposure to mineral fibres.* Edited by J. Bignon, J. Peto, R. Saracci. IARC Scientific Publications. 1989; (90): 449-453.
- Rinehart J.D., Taylor T.D., Tian Y., Latour R.A. Jr. **Real-time dissolution measurement of sized and unsized calcium phosphate glass fibers.** *Journal of biomedical materials research.* 1999; 48(6): 833-840.
- Robinson C.F., Dement J.M., Ness G.O., Waxweiler R.J. **Mortality patterns of rock and slag mineral wool production workers : an epidemiological and environmental study.** *British Journal of Industrial Medicine.* 1982; 39(1): 45-53.
- Rödelsperger K., Jöckel K.H., Pohlabein H., Römer W., Woitowitz H.J. **Asbestos and man-made vitreous fibers as risk factors for diffuse malignant mesothelioma: Results from a German hospital-based case-control study.** *American Journal of Industrial Medicine.* 2001; 39(3): 262-275.
- Rödelsperger K., Brückel B., Arhelger R., Woitowitz H.J., Pohlabein H., Jöckel K.H., **Biobeständigkeit von Fasern im menschlichen Lungengewebe.** *VDI Berichte.* 1998; 1417: 77-92.
- Rogers R.A., Antonini J.M., Brismar H., Lai J., Hesterberg T.W., Oldmixon E.H., Thevenaz P., Brain J.D. **In situ microscopic analysis of asbestos and synthetic vitreous fibers retained in hamster lungs following inhalation.** *Environmental Health Perspectives.* 1999; 107(5): 367-375.
- Roggli V.L. **Human disease consequences of fiber exposures: A Review of human lung pathology and fiber burden data.** *Environmental Health Perspectives.* 88; 295-303.
- Roggli V.L., Vollmer R.T. **Twenty-five years of fiber analysis: what have we learned?** *Human Pathology.* 2008; 39(3): 307-315.
- Roller M., Pott F., Kamino K., Althoff G-H, Bellmann B. **Detection of inorganic fibre carcinogenicity with results and their validity.** Workshop MMMF. *Annals of Occupational Hygiene.* 1994.
- Roller M., Pott F., Kamino K., Althoff G.H., Bellmann B. **Dose-response relationship of fibrous dust in intraperitoneal studies.** *Environmental Health Perspectives.* 1997; 105 Suppl 5: 1253-1256.
- Roller M., Pott F., Kamino K., Althoff G.H., Bellmann B. **Results of current intraperitoneal carcinogenicity studies with mineral and vitreous fibres.** *Experimental Toxicology and Pathology.* 1996; 48(1): 3-12.



Romano C. **Gli effetti non neoplastici sulla salute nei produttori ed utilizzatori delle fibre artificiali vetrose.** *Convegno Valutazioni scientifiche sulle lane di vetro alla luce della evoluzione della normativa.* 2011; 86-96.

Rosenthal F.S. **Exposure assessment for epidemiological studies of the carcinogenicity of Man Made Mineral Fibres: the role of fibre dimensions and composition.** *Manuskript-Entwurf; nicht zitierfähig.* 1990.

Rossiter C.E. **Carcinogenicity of fibres in experimental animals with special reference to the insulation wools: a memorandum to the Deutsche Forschungsgemeinschaft Kommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe.** *Joint European Medical Research Board.* 1989; 326 p.

Rossiter C.E. **Fibre carcinogenesis: Intra-cavitary studies cannot assess risk to man.** *In: Mechanisms in Fibre Carcinogenesis.* Edited by R.C. Brown, J.A. Hoskins, N.F. Johnson. NATO ASI Series. 1991; 223: 567-578.

Rossiter C.E. **Fibres of Intermediate Durability: Animal Evidence of Critical Fibre Diameter for Carcinogenic Potential.** 1991.

Rossiter C.E. **Health aspects of Man-Made Mineral Fibres. [Gesundheitsaspekte von künstlichen Mineralfasern].** *Bilingual text of English presentation on the occasion of the opening of Line 4.* 1992; 1-25.

Rossiter C.E. **Man-Made Vitreous Fibres. 25 years of epidemiological research on mortality and cancer incidence.** *Arbete och Hälsa.* 2002; 14: 52 p.

Rossiter C.E. **MMMMF: human exposure.** Presented at MMMF Symposium Health Aspects. 1991; 45-46.

Rossiter C.E. **Workshop on the biological effects of Man-Made Mineral Fibres (MMMMF). Current and future research: round table discussions.** *Annals of Occupational Hygiene.* 1977; 20(2): 179-187.

Rossiter C.E., Chase J.R. **Statistical analysis of results of carcinogenicity studies of synthetic vitreous fibres at Research and Consulting Company, Geneva.** *Annals of Occupational Hygiene.* 1995; 39(5): 759-769.

Rossiter C.E., Gilson J.C., Sheers G., Thomas H.F., Trethowan W.N., Cherrie J.W., Harrington J. M. **Refractory ceramic fibre production workers. Analysis of X-ray readings.** *British Journal of Industrial Medicine.* 1990; 47: 815-818.

Rossiter C.E., Grimm H.G., Musselman R., Wong O. **Epidemiological Studies of Stone (Rock) and Slag Wool Fiber Production Workers: Confounding Effects of Asbestos Exposure on Lung Cancer in 2 Plants.** *Poster presented at Conference on Toxicology of Natural and man-made Fibrous and Non-Fibrous Particles.* Lake Placid, USA. 18 September 1996.

Ruotsalainen M., Hirvonen M.R., Luoto K., Savolainen K.M. **Production of reactive oxygen species by man-made vitreous fibres in human polymorphonuclear leukocytes.** *Human & Experimental Toxicology.* 1999; 18(6): 354-362.

Rutten A.A., Bermudez E., Mangum J.B., Wong B.A., Moss O.R., Everitt J.I. **Mesothelial cell proliferation induced by intrapleural instillation of man-made fibers in rats and hamsters.** *Fundamental and Applied Toxicology.* 1994; 23(1): 107-116.

Sakurai H. **An epidemiological study of health impairment among acrylonitrile workers.** *Journal of Science of Labour.* 1972; 48: 273-282.

Sali D., Boffetta P., Andersen A., Cherrie J.W., Claude J.C., Hansen J., Olsen J.H., Pesatori A.C., Plato N., Teppo L., Westerholm P., Winter P., Saracci R. **Non-neoplastic mortality of European workers who produce man made vitreous fibres.** *Occupational and Environmental medicine.* 1999; 56(9): 612-617.

Salonen H.J., Lappalainen S.K., Riuttala H.M., Tossavainen A.P., Pasanen P.O., Reijula K.E. **Man-made vitreous fibers in office buildings in the Helsinki area.** *Journal of Occupational and Environmental Hygiene.* 2009; 6(10): 624-631.

Samet J.M. **The epidemiology of lung cancer.** *Chest.* 1993; 103(Suppl 1): S20-S29.

Sanchez V.C., Weston P., Yan A., Hurt R.H., Kane A.B. **A 3-dimensional in vitro model of epithelioid granulomas induced by high aspect ratio nanomaterials.** *Particle & Fibre Toxicology.* 2011; 8: 17.

Sankila R., Karjalainen S., Pukkala E., Oksanen H., Hakulinen T., Teppo L., Hakama M. **Cancer risk among glass factory workers: an excess of lung cancer?** *British Journal of Industrial Medicine.* 1990; 47(12): 815-818.

Sans auteur. **VOC emissions from selected building and furnishing material.** *Proceedings of Indoor Air'93.* 1993; 2: 41.

Saracci R. **Ten years of epidemiologic investigations on Man-Made Mineral Fibers and health.** *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health.* 1986; 12 Suppl 1: 5-11.

Saracci R., Simonato L. **Man-Made Vitreous Fibers and workers health: An overview of the epidemiologic evidence.** *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health.* 1982; 8(4): 234-242.

Saracci R., Simonato L., Acheson E.D., Andersen A., Bertazzi P.A., Claude J., Charnay N., Esteve J., Frentzel-Beyme R.R., Gardner M.J., Jensen O.M., Maasing R. **Mortality and incidence of cancer of workers in the Man Made Vitreous Fibres producing industry: an international investigation at 13 European plants.** *British Journal of Industrial Medicine.* 1984; 41(4): 425-436.

Sartorelli P., Romeo R., Scancarello G., Montomoli L., Muzzupappa C., Barabesi L. **Measurement of asbestos fibre concentrations in fluid of repeated bronchoalveolar lavages of exposed workers.** *Annals of Occupational Hygiene.* 2007; 51(5): 495-500.

Savitz D.A., Chen J. **Parental Occupation and Childhood Cancer: Review of Epidemiologic Studies.** *Environmental Health Perspectives.* 1990; 88: 325-337.

Savolainen H., Cosca-Sliney R., Guillemin M. **Detection of occupational exposure to inorganic fibres by urinary fibre analysis.** *Occupational Hygiene.* 1996; 3: 351-357.

Scansetti G., Pira E., Botta G.C., Turbiglio M., Piolatto G. **Asbestos exposure in a steam-electric generating plant.** *Annals of Occupational Hygiene.* 1993; 37(6): 645-653.

Schins R.P.F., Donaldson K. **Nuclear factor Kappa-B activation by particles and fibers.** *Inhalation Toxicology.* 2000; 12 Suppl 3: 317-326.

Schinwald A., Chernova T., Donaldson K. **Use of silver nanowires to determine thresholds for fibre length-dependent pulmonary inflammation and inhibition of macrophage migration in vitro.** *Particle and Fibre Toxicology.* 2012; 9: 47.

Schinwald A., Donaldson K. **Use of back-scatter electron signals to visualise cell/nanowires interactions in vitro and in vivo; frustrated phagocytosis of long fibres in macrophages and compartmentalisation in mesothelial cells in vivo.** *Particle and Fibre Toxicology.* 2012; 9: 34.

Schumm H.P., Beutler M., Marfels H. **Bericht über die Untersuchung von Produkten aus künstlichen Mineralfasern (KMF) im Hochbau hinsichtlich ihrer Faserfreisetzungsverhaltens. [Report on research on the fiber emission potential of MMMF products in buildings].** *Technischer Überwachungsverein Südwestdeutschland e.V.* 1994.

- Schneider T. **Exposure levels during the use of synthetic mineral fibres (SMF).** *Journal of Occupational health and safety.* 1996; 12(3): 289-296.
- Schneider T., Burdett G., Martinon L., Brochard P., Guillemin M., Teichert U., Draeger U. **Ubiquitous fibre exposure in Europe.** *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health.* 1996; 22: 274-284.
- Schneider T., Stokholm J., **Accumulation of fibres in the eyes of workers handling man-made mineral fibres.** *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health.* 1991; 7(4): 271-276.
- Scholze H. **Durability investigations on siliceous Man-Made Mineral Fibres: a critical review.** *Glastechnische Berichte-Glass Science and Technology.* 1988; 61(6): 161-171.
- Scholze H., Conradt R. **An in vitro study of the chemical durability of siliceous fibres.** *Annals of occupational Hygiene.* 1987; 31: 683-692.
- Scholze H., Conradt R. **Vergleich der Biobeständigkeit von Chrysotil mit Glas-bzw Mineralfasern.** *Report for FMI.* Manuscript May 2, 1989.
- Scientific Committee of the Mineral Wool Association. **MMMMF Symposium: Health aspects of « Man-made Mineral Fibres ». Programme and abstracts.** *Tagungsband anl. des MMMMF Symposiums in Rotterdam vom.* 1991; 1-50.
- Searl A. **A comparative study of the clearance of respirable para-aramid, chrysotile and glass fibres from rat lungs.** *Annals of Occupational Hygiene.* 1997; 41(2): 217-233.
- Searl A. **A review of the durability of inhaled fibres and options for the design of safer fibres.** *Annals of Occupational Hygiene.* 1994, 38(6): 839-855.
- Searl A., Buchanan D., Cullen R.T., Jones A.D., Miller B.G., Soutar C.A. **Biopersistence and durability of nine mineral fibre types in rat lungs over 12 months.** *Annals of Occupational Hygiene.* 1999; 43(3): 143-153.
- Sebastian P. **Pulmonary deposition and clearance of airborne mineral fibres.** *In: Mineral Fibers and Health.* Edited by D. Liddell, K. Miller. 1991; 229-248.
- Sebastien K. **Biopersistence of man-made vitreous silicate fibers in the human lung.** *Environmental Health Perspectives.* 1994; 102 Suppl 5: 225-228.
- Sebastien K., Buck M., Freund T., Fuchs B., Heilos G., Hirrl R., Hopp W., Schmid B., Ziegler M. **Untersuchungen zur in vitro Faserkorrosion.** *Tätigkeitsbericht 1991. Fraunhofer Institut fhr Silicatforschung (ISC), Würzburg.* 1992; 15-17.
- Sebastien K., Roggendorf H., Schmidt H. **Investigations into the in vitro corrosion of Man-Made Mineral Fibers in simulated extra-cellular body fluid.** *64<sup>th</sup> Glastechnische Konferenz, Düsseldorf.* 1990; 22-25.
- Selikoff I.J. **Historical developments and perspectives in inorganic fiber toxicity in man.** *Environmental Health Perspectives.* 1990; 88: 269-276.
- Selikoff I.J., Hammond E.C., Seidman H. **Mortality experience of insulation workers in the United States and Canada 1943/1976.** *Annals of the New York Academy of Sciences.* 1979; 330: 91-116.
- Senatskommission der deutschen Forschungsgemeinschaft. **Bewertung anorganischer und organischer Fasern.** Chapter 6: Beständigkeits-untersuchungen - Section 6.3. *In vitro L`sllichkeit.* April 14, 1992.

- Shannon H., Muir A., Haines T., Verma D. **Mortality and cancer incidence in Ontario glass fiber workers.** *Occupational Medicine.* 2005; 55(7): 528-534.
- Shannon H.S., Hayes M., Julian J.A., Muir D.C. **Mortality experience of glass fibre workers.** *British Journal of Industrial Medicine.* 1984; 41(1): 35-38.
- Shannon H.S., Jamieson E., Julian J.A., Muir D.C.F. **Mortality of glass filament (textile) Workers.** *British Journal of Industrial Medicine.* 1990; 47(8): 533-536.
- Shannon H.S., Jamieson E., Julian J.A., Muir D.C., Walsh C. **Mortality experience of Ontario glass fibre workers - Extended follow-up.** *Annals of Occupational Hygiene.* 1987; 31(4B): 657-662.
- Sheckler C.L. **Health aspects of man-made vitreous fiber insulations.** In: *Thermal Insulation, Materials, and Systems for energy conservation in the '80s.* Edited by F.A. Govan, D.M. Greason, J.D. McAllister. American Society for Testing and Materials. 1983; 789: 133-137.
- Siemiatycki J. **Investigating cancer risks related to asbestos and other occupational carcinogens.** *Occupational and Environmental medicine.* 2007; 64(8): 500-501.
- Sigsgaard T., Pedersen O.F., Juul S., Gravesen S. **Respiratory disorders and atopy in cotton, wool, and other textile mill workers in Denmark.** *American Journal of Industrial Medicine.* 1992; 22(2): 163-184.
- Simonato L., Fletcher A.C., Cherrie J., Andersen A., Bertazzi P.A., Charney N., Claude J., Dodgson J., Esteve J., Frentzel-Beyme R., Gardner M.J., Jensen O., Olsen J. **Updating lung cancer mortality among a cohort of Man-Made Mineral Fibre production workers in seven European countries.** *Cancer Letters.* 1986; 30(2): 189-200.
- Simonato L., Fletcher A.C., Cherrie J.W., Andersen A., Bertazzi P., Charnay N., Claude J., Dodgson J., Esteve J., Frentzel-Beyme R., Gardner M.J., Jensen O., Olsen J., Teppo L., Winkelmann R., Westerholm P., Winter P.D., Zocchetti C., Saracci R. **The International Agency for Research on Cancer historical cohort study of MMMF Production Workers in seven European countries: Extension of the follow-up.** *Annals of occupational Hygiene.* 1987; 31(4B): 603-623.
- Singh J. **Health implications of Man-Made Mineral Fibers.** Presented at National Asbestos Council Inc., Fall Technical Conference and Exposition. Indianapolis. 1989.
- Sistermann K., Dorn R. **Das RAL-Gütezeichen Erzeugnisse aus Mineralwolle. RAL-Quality-Label wool products.** *Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft.* 1999; 59(3): 67-69.
- Sjogren B. **Non-neoplastic mortality of European workers who produce man made vitreous fibres.** *Occupational and Environmental medicine.* 2000; 57(4): 284.
- Smith D.M., Ortiz L.W., Archuleta R.F. **Long term exposure of Syrian hamsters and Osborne-Mendel rats to aerosolized 0.45 µm mean diameter fibrous glass.** In: *Biological effects of Man-Made Mineral Fibres.* 1984; 2: 253-272.
- Smith D.M., Ortiz L.W., Archuleta R.F., Johnson N.F. **Long-term health effects in hamsters and rats exposed chronically to Man-Made Vitreous Fibres.** *Annals of occupational Hygiene.* 1987; 31(4B): 731-754.
- Smith T., Quinn M.M., Hallock M.F. **Extrapolation of past exposures for rock/slag wool production workers: an integrated approach for epidemiology.** *Eight International Symposium of Epidemiology in Occupational Health.* 1991; 137.



Smith T.J., Quinn M.M., Marsh G.M., Youk A.O., Stone R.A., Buchanich J.M., Gula M.J. **Historical cohort study of US man-made vitreous fiber production workers: VII. Overview of the exposure assessment.** *Journal of Occupational and Environmental Medicine.* 2001; 43(9): 809-823.

Soldan K., Pooley F.D., Hansen J., Andersen A., Chang-Claude J., Ferro G., Ohgaki H., Skov B.G., Cherrie J.W., Saracci R., Boffetta P. **Lung fibre burden in lung cancer cases employed in the rock and slag wool industry.** *Annals of Occupational Hygiene.*:2006; 50(3): 241-248.

Spurny K.R. **Anthropogenic asbestos in soils.** *Zeitschrift fur Pflanzenernahrung und Bodenkunde.* 1993; 156(2):177-180.

Sripaiboonkij P., Sripaiboonkij N., Phanprasit W., Jaakkola M.S. **Respiratory and skin health among glass microfiber production workers: a cross-sectional study.** *Environmental Health.* 2009; 8:36.

Srivastava A., Kumar R., Joseph E., Kumar A. **Heat exposure study in the workplace in a glass manufacturing unit in India.** *Annals of Occupational Hygiene.* 2000; 44(6): 449-453.

Stanton M.F., Layard M., Tegeris A., Miller E., May M., Kent E. **Carcinogenicity of fibrous glass: pleural response in the rat in relation to fiber dimension.** *Journal of the National Cancer Institute.* 1977; 58(3): 587-603.

Stanton M.F., Wrench C. **Mechanisms of mesothelioma induction with asbestos and fibrous glass.** *Journal of the National Cancer Institute.* 1972; 48(3): 797-821.

Staruchova M., Collins A.R., Volkovova K., Mislánová C., Kovacicova Z., Tulinska J., Kocan A., Staruch L., Wsolova L., Dusinka M. **Occupational exposure to mineral fibres. Biomarkers of oxidative damage and antioxidant defence and associations with DNA damage and repair.** *Mutagenesis.* 2008; 23(4): 249-260.

Steenberg T., Hjenner H.K., Jensen S.L., Guldborg M., Knudsen T. **Dissolution behaviour of biosoluble HT stone wool fibers.** *Glastechnische Berichte-Glass Science and Technology.* 2001; 74(4): 97-105.

Stokholm J., Norn M., Schneider T. **Ophthalmologic effects of Man-Made Mineral Fibers.** *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health.* 1982; 8(3):185-190.

Stone R.A., Marsh G.M., Henderson V.L., Owens A.D., Smith T.J., Quinn M.M. **Statistical power to detect occupationally related respiratory cancer risk in a cohort of female employees in the US Man-Made Vitreous Fiber industry.** *Journal of Occupational Medicine.* 1994; 36(8): 899-901.

Stone R.A., Youk A.O., Marsh G.M., Buchanich J.M., McHenry M.B., Smith T.J. **Historical cohort study of US man-made vitreous fiber production workers: IV. Quantitative exposure-response analysis of the nested case-control study of respiratory system cancer.** *Journal of Occupational Medicine.* 2001; 43(9): 779-792.

Stone R.A., Youk A.O., Marsh G.M., Buchanich J.M., Smith T.J. **Historical cohort study of US man-made vitreous fiber production workers IX: Summary of 1992 mortality follow up and analysis of respiratory system cancer among female workers.** *Journal of Occupational Medicine.* 2004; 46(1): 55-67.

Styles J.A., Wilson J. **Comparison between in vitro toxicity of two novel fibrous mineral dusts and their tissue reactions in vivo.** *Annals of Occupational Hygiene.* 1976; 19(1): 63-68.

Su W.C., Cheng Y.S. **Deposition of man-made fibers in human respiratory airway casts.** *Journal of Aerosol Science.* 2009; 40(3): 270-284.

Sulzberger M.B., Baer R.L., Lowenberg C., Menzel H. **The effects of fiberglass on animal and human skin.** *Industrial Medicine and Surgery.* 1942; 10: 651-652.

Symons J.M., Kreckmann K.H., Sakr C.J., Kaplan A.M., Leonard R.C. **Mortality among workers exposed to acrylonitrile in fiber production: an update.** *Journal of Occupational and Environmental Medicine.* 2008; 50(5): 550-560.

Szadkowska-Stanczyk I., Stroszejn-Mrowca G. **Carcinogenic effect of occupational exposure to man-made mineral fibers: results from the epidemiological study.** *Medycyna Pracy.* 2002; 53(2): 137-143.

Szoke R., Alföldy B., Balashazy I., Hofmann W., Sziklai-Laszlo I. **Size distribution, pulmonary deposition and chemical composition of Hungarian biosoluble glass fibers.** *Inhalation Toxicology.* 2007; 19(4): 325-332.

Szoke R., Sziklai-Laszlo I., Balashazy I., Kerenyi T., Pinter A. **Potential health effects of size distribution and chemical composition of fibrous glasses.** *Metal Ions in Biology and Medicine.* 2004; 8: 522-525.

Talbot H., Lee T., Jeulin D., Hanton D., Hobbs L.W. **Image analysis of insulation mineral fibres.** *Journal of Microscopy.* 2000; 200(Pt 3): 251-268.

Tanaka I., Akiyama T. **Pulmonary deposition fraction of a glass fiber in rats by inhalation.** In: *Aerosols: Science, Industry, Health and Environment.* Edited by S. Masuda, K. Takahashi. 1990; 1242-1245.

Tanaka I., Akiyama T., Kido M. **Lung burden of a glass fiber by inhalation.** *Toxicology and Industrial Health.* 1991; 7(5-6): 449-454.

Tanaka I., Higashi T. **Can animal experimental data provide evidence for the biological effects of mineral fibres at low exposure level?** In: *Health Risks from exposure to mineral fibres.* An International Perspective. Edited by G. Gibbs, J. Dunnigan, M. Kiddo, T. Higashi. 1993; 84-97.

Tanaka I., Oyabu T., Ishimatsu S., Hori H., Higashi T., Yamato H. **Pulmonary deposition and clearance of glass fiber in rat lungs after long term inhalation.** *Environmental Health Perspectives.* 1994; 102 Suppl 5: 215-216.

Tanaka I., Yamato H., Oyabu T., Ogami A. **Biopersistence of man-made fibers by animal inhalation experiments in recent reports.** *Industrial Health.* 2001; 39(2): 114-118.

Tarchi M., Orsi D., Comba P., Desantis M., Pirastu R., Battista G., Valiani M. **Cohort mortality study of rock salt workers in Italy.** *American Journal of Industrial Medicine.* 1994; 25(2): 251-256.

Tarnow V. **Dynamic measurements of the elastic constants of glass wool.** *Journal of the Acoustical Society of America.* 2005; 118(6): 3672-3678.

Tarnow V. **Measurements of anisotropic sound propagation in glass wool.** *Journal of the Acoustical Society of America.* 2000; 108(5 Pt 1): 2243-2247.

Tatrai E., Brozik M., Drahos A., Kovacikova Z., Six E., Csik M., Dam A. **The effect of stone-wool on rat lungs and on the primary culture of rat alveolar macrophages and type II pneumocytes.** *Journal of Applied Toxicology.* 2006; 26(1): 16-24.

Technische Regeln für Gefahrstoffe. **Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe.** *Bekanntmachung des BMA nach'Abs.2 Gefahrstoffverordnung (TRGS 905).* BArbBl n°8/1996.

Teppo L., Kojonen E. **Mortality and cancer risk among workers exposed to Man-Made Mineral Fibers in Finland.** *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health.* 1986; 12 Suppl 1: 61-64.



- Theegarten D., Philippou S., Freitag L. **Tracheal carcinoma and mixed pneumoconiosis - A causal relationship?** *Respiration*. 1995; 62(1): 49-52.
- Thelohan S., De Meringo A. **In vitro dynamic solubility test: Influence of various parameters.** *Environmental Health Perspectives*. 1994; 102 Suppl 5: 91-96.
- Tiesler H. **Stand der Diskussion um die gesundheitlichen Aspekte künstlicher Mineralfasern.** *Glastechnische Berichte-Glass Science and Technology*. 1984; 57(3): 57-66.
- Tiesler H. **Zum chemischen Verhalten der Oberfläche glasiger Silikate gegenüber wässrigen Medien.** *Glastechnische Berichte-Glass Science and Technology*. 1981; 54: 136-143, 369-381.
- Tiesler H., Achenbach G., Kuhn P.J., Gollmer H., Johannes K.H. **Fomaldehydabgabe von Mineralfaser-Dämmstoffen.** *Zentralblatt für Arbeitsmedizin*. 1983; 33(7): 222-226.
- Tiesler H., Teichert U., Draeger U. **Untersuchungen zur Faserstaubbelastung durch Dämmstoffe aus Mineralwolle auf Baustellen. [Investigations of exposures to fibrous dust contamination from mineral wool insulation on building sites].** *Zentralblatt für Arbeitsmedizin*. 1990; 40(10): 307-319.
- Timbrell V. **Human exposure to asbestos: dust controls and standards. The inhalation of fibrous dusts.** *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1965; 132(1): 255-273.
- TNO. **Onderzoek naar de oorzaak van stankklachten in twee woningen aan de vergulde wagen te Diemen.** *TNO-rapport 94 - BBI-RO818*, 1994.
- Topinka J., Loli P., Dusinska M., Hurbankova M., Kovacikova Z., Volkovova K., Kazimirova A., Barancokova M., Tatrai E., Wolff T., Oesterle D., Kyrtopoulos S.A., Georgiadis P. **Mutagenesis by man-made mineral fibres in the lung of rats.** *Mutation Research*. 2006; 595(1-2): 174-183.
- Topinka J., Loli P., Hurbankova M., Kovacikova Z., Volkovova K., Wolff T., Oesterle D., Kyrtopoulos S.A., Georgiadis P. **Benzo[a]pyrene-enhanced mutagenesis by man-made mineral fibres in the lung of lambda-lacI transgenic rats.** *Mutation Research*. 2006; 595(1-2): 167-173.
- Toren K., Bergdahl I.A., Nilsson T., Järnholm B. **Occupational exposure to particulate air pollution and mortality due to ischaemic heart disease and cerebrovascular disease.** *Occupational and Environmental medicine*. 2007; 64(8): 515-519.
- Toren K., Qvafordt I., Bergdahl I.A., Järnholm B. **Increased mortality from infectious pneumonia after occupational exposure to inorganic dust, metal fumes and chemicals.** *Thorax*. 2011; 66(11): 992-996.
- Tran C.L., Jones A.D., Donaldson K. **Evidence of overload, dissolution and breakage of MMVF10 fibres in the RCC chronic inhalation study.** *Experimental and Toxicologic Pathology*. 1996; 48(6): 500-504.
- Tran C.L., Jones A.D., Miller B.G., Donaldson K. **Modeling the retention and clearance of ManMade Vitreous Fibers in the rat lung.** *Inhalation Toxicology*. 2003; 15(6): 553-587.
- Troitskaya N.A., Vantchugova N.N., Velitchkovsky B.T. **Influence of «stiffness» and structure of fibrous dusts on their biologic effects.** *Meditcina Truda i Promyshlennaya Ekologiya*. 2000; 3: 9-13.
- Tse L.A., Yu I.T., Qiu H., Au J.S., Wang X.R. **Occupational risks and lung cancer burden for Chinese men: a population-based case-referent study.** *Cancer Causes & Control*. 2012; 23(1): 121-131.
- Tsuda T., Morimoto Y., Yamato H., Nakamura H., Hori H., Nagata N., Kito M., Higashi T., Tanaka I. **Effects of mineral fibers on the expression of genes whose product may play a role in fiber pathogenesis.** *Environmental Health Perspectives*. 1997; 105 Suppl 5: 1173-1178.

TÜV südwestdeutschland. **Bericht über die Untersuchung von Produkten aus künstlichen Mineralfasern (KMF) im Hochbau hinsichtlich ihres Faserfreisetzungsverhaltens.** 1994; 72 p.

UK Department of Health. **Annual Report of the Committees on Toxicity, Mutagenicity, Carcinogenicity of the Chemicals in Food, Consumer Products and the Environment.** *Annual Report for 1994.* HMSO, London. 1995; 38-39.

Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry. **Fibers, 5. Synthetic Inorganic.** VCH Verlagsgesellschaft mbH. 1988.

Folke Dettling. **Untersuchungen zur Innenraumbelastung durch faserförmige Feinstäube aus eingebauten Mineralwolle-Erzeugnissen.** *Umweltbundesamt.* 1994; 30: 109 p.

Union Européenne. **B.XX. Carcinogenicity of Synthetic Mineral Fibres after Intraperitoneal Injection in Rats (ECB/TM/18(97) rev.1).** *European Chemical Bureau.* 1998.

Union Européenne. **B.XX. Chronic Inhalation Toxicity of Synthetic Mineral Fibres in Rats (ECB/TM/17(97) rev. 2).** *European Chemical Bureau.* 1998.

Union Européenne. **B.XX. Inhalation Biopersistence (ECB/TM/26 rev. 7).** *European Chemical Bureau.* 1998.

Union Européenne. **B.XX. Intratracheal Instillation Biopersistence (ECB/TM/27 rev. 7).** *European Chemical Bureau.* 1998.

Union Européenne. **B.XX. Sub-chronic Inhalation Toxicity of Synthetic Mineral Fibres in Rats (ECB/TM/16(97) rev. 1).** *European Chemical Bureau.* 1998.

Union Européenne. **Directive 67/548/CEE du Conseil, du 27 juin 1967, concernant le rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives relatives à la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances dangereuses.** *Journal Officiel des Communautés européennes n°196.* 16 août 1967.

U.S. Department of Health and Human Services. **US Seventh Annual Report on Carcinogens.** *Technical Resources inc.* 1994.

U.S. Department of Health and Human Services. **Ceramic Fiber (respirable size).** *Report on carcinogens, Twelfth Edition.* 2011; 89-90.

Utell M.J., Maxim L.D. **Refractory ceramic fiber (RCF) toxicity and epidemiology: a review.** *Inhalation Toxicology.* 2010; 22(6): 500-521.

Utidjian M., Cooper W.C. **Human epidemiologic studies with emphasis on chronic pulmonary effects.** *In: Occupational exposure to fibrous glass.* Proceedings of a Symposium. DHEW Publication N°NIOSH 76-151. 1976; 223-224.

Utidjian H.M., Detreville R.T.P. **Fibrous glass manufacturing and health: report of an epidemiological study. Parts I an II.** 1970.

Valleron A.J., Bignon J., Hughes J.M., Hesterberg T.W., Schneider T., Burdett G.J., Brochard P., Hémon D. **Low dose exposure to natural and man-Made fibres and the risk of cancer: Towards a collaborative European epidemiology.** *British Journal of Industrial Medicine.* 1992; 49(9): 606-614.

- Van Graft M., Spit B.J., Immel H.R., Feron V.J. **Pulmonary response of hamsters to fibrous glass. Clearance and morphology after a single intratracheal instillation.** *Experimental Pathology*. 1986; 29(4): 197-209.
- Vorwald A.J. **Asbestosis: Experimental studies.** *A report to the Johns-Manville Corporation*, by The Saranac Laboratory. 30 September, 1948.
- Vu V., Barrett J.C., Roycroft J., Schuman L., Dankovic D., Bbaro P., Martonen T., Pepelko W., Lai D. **Chronic inhalation toxicity and carcinogenicity testing of respirable fibrous particles.** *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 1996; 24(3): 202-212.
- Vu V.T., Lai D.Y. **Approaches to characterizing human health risks of exposure to fibers.** *Environmental Health Perspectives*. 1997. 105 Suppl 5: 1329-1336.
- Wagner J.C. **Mesotheliomas in man and experimental animals.** *In: Mechanisms in fibre carcinogenesis.* Edited by R.C. Brown, J.A. Hoskins, N.F. Johnson. NATO ASI Series. 1991; 223: 45-49.
- Wagner J.C., Berry G., Hill R.J., Munday D.E., Skidmore J.W. **Animal experiments with MMM(V)F.** *In: Biological Effects of Made-Made Mineral Fibres.* Edited by T. Guthe. WHO, Copenhagen. 1984; 2: 209-233.
- Wagner J.C., Berry G., Pooley F.D. **Carcinogenesis and mineral fibres.** *British Medical Bulletin*. 1980; 36(1): 53-56.
- Wagner J.C., Berry G., Skidmore J.W. **Studies of the carcinogenic effects of fiber glass of different diameters following intrapleural inoculation in experimental animals.** *In: Occupational Exposure to Fibrous Glass.* Proceedings of a Symposium. DHEW Publication N° NIOSH 76-151. 1976.
- Wagner J.C., Berry G., Timbrell V. **Mesotheliomata in rats after inoculation with asbestos and other minerals.** *British Journal of Cancer*. 1973; 28(2): 173-185.
- Wagner J.C., Skidmore J.W., Hill R.J., Griffiths D.M. **Erionite exposure and mesotheliomas in rats.** *British Journal of Cancer*. 1985; 51(5): 727-730.
- Walton W.H., Critchlow A. **Inhaled Particles V.** Proceedings of an International Symposium on Inhaled Particles. *Annals of Occupational Hygiene*. 1982; 26: 954 p.
- Wang Q.E., Han C.H., Wu W.D., Wang H.B., Liu S.J., Kohyama N. **Biological effects of man-made mineral fibers (I)--Reactive oxygen species production and calcium homeostasis in alveolar macrophages.** *Industrial Health*. 1999; 37(1): 62-67.
- Wang Q.E., Han C.H., Yang Y.P., Wang H.B., Wu W.D., Liu S.J., Kohyama N. **Biological effects of man-made mineral fibers (II)--their genetic damages examined by in vitro assay.** *Industrial Health*. 1999; 37(3): 342-347.
- Wardenbach P., Pott F., Voitowitz H.J. **Differences between the classification of man-made vitreous fibers (MMVF) according to the European directive and German legislation: analysis of scientific data and implications for worker protection.** *European Journal of Oncology*. 2000; 5(S2): 111-118.
- Wardenbach P., Rödelsperger K., Roller M., Muhle H. **Classification of man-made vitreous fibers: Comments on the revaluation by an IARC working group.** *Regulatory toxicology and pharmacology*. 2005; 43(2): 181-193.
- Wardenbach P. **Wissenschaftlich fragwürdige EU-Richtlinie zur Einstufung von Künstlichen Mineralfasern verabschiedet.** *Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft*. 1998; 58(3): 81-84.
- Warheit D.B. **Fiber toxicology.** *Academic Press*. 1993; 1-526.

- Wastiaux A., Blanchard O., Honnons S. **Possible application of urinary analysis to estimate dissolution of some Man-Made Vitreous Fibers.** *Environmental Health Perspectives.* 1994; 102 Suppl 5: 217-219.
- Wedge R., Abt E., Bakshi K., Lippmann M. **Review of the US Navy's exposure standard for manufactured vitreous fibers.** *Inhalation Toxicology.* 2001; 13(1): 103-108.
- Weill H. **Respiratory health of workers exposed to MMMF - update of 1982 report.** *TIMA Medical and Scientific Annual Meeting, San Diego, USA.* 1990.
- Weill H., Hughes J. **Review of epidemiological data on morbidity following exposure to man-made vitreous fibres.** *Journal of Occupational Health Safety Australia and New Zealand.* 1996; 12(3): 313-317.
- Weill H., Hughes J.M., Hammad Y.Y., Glindmeyer H.W., Sharon G., Jones R.N. **Respiratory health in workers exposed to man-made vitreous fibers.** *American Review of Respiratory Disease.* 1983; 128: 104-112.
- Weiss W. **Epidemiology of fibrous glass and lung cancer.** *American Journal of Industrial Medicine.* 1996; 30(1): 105-108.
- Westerholm P., Bolander A.M. **Mortality and cancer incidence in the Man-Made Mineral Fiber industry in Sweden.** *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health.* 1986; 12 Suppl 1: 78-84.
- Wheeler C.S. **Exposure to Man-Made Mineral Fibers: a summary of current animal data.** *Toxicology and Industrial Health.* 1990; 6(2): 293-307.
- Whitesell P.L., Drage C.W. **Occupational lung cancer.** *Mayo Clinic Proceedings.* 1993; 68: 183-188.
- WHO (World Health Organization). **Les Fibres Minérales Artificielles sur les lieux de travail.** *Symposium International.* 1986; 1-4.
- WHO (World Health Organization). **Biological effects of Man-Made Mineral Fibres.** 1982; 2.
- WHO (World Health Organization). **Determination of Airborne Fibre Concentrations. A Recommended Method, by Phase Contrast Optical Microscopy (Membrane Filter Method).** 1997.
- WHO (World Health Organization). **Environmental Health Criteria 77 Made-Made Mineral Fibres.** *Published under the joint sponsorship of the United Nations Environment Programme, the International Labour Organisation and the World Health Organization.* Geneva. 1988.
- WHO (World Health Organization). **Man-made vitreous fibres.** *In: Air Quality Guidelines for Europe Second Edition.* WHO. 2000; chapter 8: 206-208.
- WHO (World Health Organization). **Methods of monitoring and evaluating airborne Man-Made Mineral Fibres. Report on a WHO consultation.** *EURO Reports and Studies 48.* WHO Regional Office for Europe. Copenhagen. 1981.
- WHO (World Health Organization). **Reference method for measuring airborne Man-Made Mineral Fibers (MMMF).** *Environmental Health Report n°4.* Copenhagen. 1985.
- WHO (World Health Organization). **Validity of methods for assessing the carcinogenicity of Man-Made fibres/Consensus questionnaire.** 1992; 1-10.
- WHO (World Health Organization). **Validity of methods for assessment of carcinogenicity of fibres.** *Follow-up of a WHO consultation on man-made fibres.* WHO European Regional Office. Copenhagen. 1994.



- Whong W.Z., Gao H.G., Zhou G., Ong T. **Genetic alterations of cancer-related genes in glass fiber-induced transformed cells.** *Journal of Toxicology and Environmental Health Part A.* 1999; 56(6): 397-404.
- Wilson R., Langer A.M., Nolan R.P. **A risk assessment for exposure to glass wool.** *Regulatory toxicology and pharmacology.* 1999; 30(2 Pt 1): 96-109.
- Wilson R., Langer A.N., Nolan R.P. **A risk assessment for installers of blown glass wool insulation.** *Insulation contractor Association of America.* 1996.
- Wilson R., McConnell E.E., Ross M., Axten C.W., Nolan R.P. **Risk assessment due to environmental exposures to fibrous particulates associated with taconite ore.** *Regulatory toxicology and pharmacology.* 2008; 52(1 Suppl): S232-S245.
- Wingren G., Axelson O. **Mortality pattern in a glass producing area in SE Sweden.** *British Journal of Industrial Medicine.* 1985; 42(6): 411-414.
- Wingren G., Englander V. **Mortality and cancer morbidity in a cohort of Swedish glassworkers.** *International Archives of Occupational and Environmental Health.* 1990; 62(3): 253-257.
- Woitowitz H.J., Manke J., Breit S., Brückel B., Rödelsperger K. **Asbest und sonst Mineralfasern in der menschlichen Lunge. [Asbestos and other mineral fibres in the human lung].** *Der Pathologe.* 1986; 7(5): 248-257.
- Wong O., Foliart D., Trent L.S. **A case-control study of lung cancer in a cohort of workers potentially exposed to slag wool fibres.** *British Journal of Industrial Medicine.* 1991; 48(12): 818-824.
- Wong O., Musselman R.P. **An epidemiological and toxicological evaluation of the carcinogenicity of Man-Made Vitreous Fiber, with a consideration of coexposures.** *Journal of Environmental Pathology, Toxicology and Oncology.* 1994; 13(3): 169-180.
- Woolcock A.J. **The respiratory health of workers in the Australian glass wool and rock wool manufacturing industry - 1995 survey.** *Institute of Respiratory Medicine.* 1998; 72 p.
- Workshop MMF. **Assessment of Toxicity of man-made fibres.** Papers from a workshop held in Paris, France, 3-4 February 1994. *Annals of Occupational Hygiene.* 1995; 39(5): 633-779.
- Wright G.W. **Airborne fibrous glass particles. Chest Roentgenograms of Persons with Prolonged Exposure.** *Archives of Environmental Health.* 1968; 16(2): 175-181.
- Wright G.W., Kuschner M. **The influence of varying lengths of glass and asbestos fibres on tissue response in guinea pigs.** *Inhaled Particles IV.* 1975; 4 Pt 2: 455-474.
- Wu J.D., Milton D.K., Hammond S.K., Spear R.C. **Hierarchical cluster analysis applied to workers' exposures in fiberglass insulation manufacturing.** *Annals of Occupational Hygiene.* 1999; 43(1): 43-55.
- Yamaya M., Nakayama K., Hosoda M., Yanai M., Sasaki H. **A rockwool fibre worker with lung fibrosis.** *Lancet.* 2000; 355(9216): 1723-1724.
- Yatera K., Yoshii C., Morimoto Y., Hayashi T., Imanaga T., Yamato H., Kido M. **A case of pulmonary fibrosis with many asbestos bodies in bronchoalveolar lavage fluid after exposure to asbestos and man-made mineral fibers.** *Nihon Kogyuki Gakkai Zasshi.* 2000; 38(10): 801-806.
- Ye J., Shi X., Jones W., Rojanasakul Y., Cheng N.L., Schwegler-Berry D., Baron P., Deye G.J., Li C.H., Castranova V. **Critical role of glass fiber length in TNF-alpha production and transcription factor activation in macrophages.** *American Journal of Physiology.* 1999; 276(3 Pt 1): L426-L434.

Ye J., Zeidler P., Young S.H., Martinez A., Robinson V.A., Jones W., Baron P., Shi X., Castranova V. **Activation of mitogen-activated protein kinase p38 and extracellular signal-regulated kinase is involved in glass fiber-induced tumor necrosis factor-alpha production in macrophages.** *Journal of biological chemistry.* 2001; 276(7): 5360-5367.

Yeung P., Rogers A., Bakex E. **Australian exposure databank on synthetic mineral fibres (glasswool and rockwool) in 1991-1992.** *Final report prepared for Insulation Wools Research Advisory Board. Occupational hygiene and safety Engineering Unit.* Worksafe Australia. 1994.

Youk A.O., Marsh G.M., Stone R.A., Buchanich J.M., Smith T.J. **Historical cohort study of US man-made vitreous fiber production workers: III. Analysis of exposure-weighted measures of respirable fibers and formaldehyde in the nested case-control study of respiratory system cancer.** *Journal of Occupational and Environmental Medicine.* 2001; 43(9): 767-778.

Yu C.P., Dai Y.T., Boymel P.M., Zoitos B.K., Oberdörster G., Utell M.J. **A clearance model of man-made vitreous fibers (MMVFs) in the rat lung.** *Inhalation Toxicology.* 1998; 10: 253-274.

Yu R.C., Smith T.J. **Assessment of formaldehyde exposures for a retrospective epidemiological study in a Man-Made Vitreous Fiber plant.** *American Industrial Hygiene Conference & Exposition.* 1993.

Zeidler-Erdely P.C., Calhoun W.J., Ameredes B.T., Clark M.P., Deye G.J., 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.** *Particle and Fibre Toxicology.* 2006; 3:5.

Zhong B.Z., Ong T., Whong W.Z. **Studies on the relationship between treatment condition and micronucleus induction in V79 cells exposed to silica and glass fibers.** *Mutation Research.* 1997; 391(1-2): 111-116.

Zhong B.Z., Whong W.Z., Ong T.M. **Detection of mineral dust induced DNA damage in two mammalian cell lines using the alkaline single cell gel/comet assay.** *Mutation Research.* 1997; 393(3): 181-187.

Zhou Y., Su W.C., Cheng Y.S. **Fiber deposition in the tracheobronchial region: experimental measurements.** *Inhalation Toxicology.* 2007; 19(13): 1071-1078.

Zoitos B., De Meringo A., Rouyer-Archer E., Thélohan S., Bauer J., Law B., Boymel P., Olson S., Christensen V., Guldberg M., Koenig A., Perander M. **In vitro measurement of fiber dissolution rate relevant to biopersistence at neutral pH: an interlaboratory round robin.** *Inhalation Toxicology.* 1997; 9(6): 525-540.

Zoitos B.K., Andrejcek M.J., Boymel P.M., Maxim L.D., Niebo R. **Horizontal diffusion elutriation: a new size-separation technique for preparation of rodent-respirable fibers for animal testing.** *Inhalation Toxicology.* 2007; 19(1): 37-46.

Zoller T., Zeller W.J. **Production of reactive oxygen species by phagocytic cells after exposure to glass wool and stone wool fibres - effect of fibre preincubation in aqueous solution.** *Toxicology Letters.* 2000; 114(1-3): 1-9.

Zuskin E., Zolle I., Proctor D.F., Permutt S., Bouhuys A. **Exposure to I-labelled viscose rayon fibers.** *Archives of Environmental Health.* 1969; 19(5): 648-653.





# ANNEXES

## Annexe 1

Exemples de compositions chimiques de laines minérales fabriquées  
par divers producteurs ..... P. 104

## Annexe 2

Communiqué CIRC – Octobre 2001 ..... P. 105

## Annexe 3

Avis du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France ..... P. 106

## Annexe 4

Conclusions du rapport du G2SAT  
« Les fibres minérales artificielles et l'amiante » ..... P. 109

## Annexe 5

Synthèse du rapport d'expertise de l'INSERM  
« Effets sur la santé des fibres de substitution à l'amiante » ..... P. 111

## Annexe 6

Avis de l'AFSSET sur l'évaluation de l'exposition  
de la population générale et des travailleurs ..... P. 114

## Annexe 7

Les engagements d'EURIMA ..... P. 122

## Annexe 8

Test de mutagenèse *in vivo* ..... P. 127

## Annexe 9

Principales valeurs d'exposition professionnelles pour les fibres  
constituant les laines minérales ..... P. 132

# ANNEXE 1

## Exemples de compositions chimiques de laines minérales fabriquées par divers producteurs

% massique	Laine de verre			Laine de roche		Laine de laitier
	Producteur A	Producteur B	Producteur C	Producteur D	Producteur E	Producteur F
SiO <sub>2</sub>	65,3	64,3	67	41,1	41,9	40,5
MgO+CaO	10,5	10,1	11	30	27,3	38,1
Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O	17,1	18	15	2,2	2,1	0,5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,1	2,3	1	16,8	18,4	18,9
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,5	5,3	5			
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ou FeO	0,2	0,2	0,1	7	7,9	1,2

# ANNEXE 2

---

## Communiqué du CIRC – Octobre 2001

### **LE PROGRAMME DES MONOGRAPHIES DU CIRC RÉÉVALUE LES RISQUES CANCÉROGÈNES ASSOCIÉS AUX FIBRES MINÉRALES ARTIFICIELLES EN SUSPENSION DANS L'AIR**

Un groupe de 19 chercheurs venus de 11 pays différents, réuni par le programme des monographies du Centre international de Recherche sur le Cancer (CIRC) a récemment conclu sa réévaluation des risques cancérogènes associés aux fibres minérales artificielles en suspension dans l'air.

Les fibres minérales artificielles sous la forme de laines sont très largement utilisées dans l'isolation thermique et acoustique et dans d'autres produits manufacturés, en Europe et en Amérique du Nord. Ces produits, parmi lesquels la laine de verre, la laine de roche et la laine de laitier, sont employés depuis des dizaines d'années et ont fait l'objet d'études très poussées pour savoir si les fibres libérées dans l'air au cours de la fabrication, de l'utilisation ou de l'enlèvement de ces produits présentent un risque de cancer lorsqu'elles sont inhalées. Les études épidémiologiques publiées depuis la dernière évaluation de ces fibres en 1988 par les monographies du CIRC ne montrent pas de risques accrus de cancer du poumon ou de mésothéliome (cancer des parois des cavités corporelles comme la plèvre) liés à une exposition professionnelle au cours de la fabrication de ces matériaux, et montrent des indications insuffisantes globalement pour tout risque de cancer.

D'autre part, l'industrie a consenti des efforts considérables pour mettre au point des matériaux nouveaux, aux propriétés isolantes semblables à celle des anciens produits, mais qui disparaissent des tissus corporels beaucoup plus rapidement. La raison en est que l'amiante, un cancérogène connu pour provoquer des mésothéliomes et des cancers du poumon chez l'homme, utilisé pendant des décennies comme isolant, est extrêmement lent à se décomposer et à disparaître des tissus corporels dans lesquels il s'est déposé. Cette caractéristique, connue sous le nom de biopersistance, est liée à l'activité cancérogène importante des fibres d'amiante. Certains de ces nouveaux matériaux ont été testés pour leur cancérogénicité et la plupart d'entre eux se sont révélés être non cancérogènes, ou ne causer des tumeurs chez l'animal de laboratoire que dans des conditions d'exposition très particulières et limitées.

Le Groupe de travail des monographies a ainsi conclu que seuls les produits les plus biopersistants demeurent classés par le CIRC comme peut-être cancérogènes pour l'homme (Groupe 2B). Il s'agit des fibres céramiques réfractaires, qui sont employées dans l'industrie comme isolant dans des environnements à température élevée comme dans les haut fourneaux, et certaines laines de verre à usage particulier, non utilisées comme isolant. En revanche, les laines minérales plus communément employées, comme les laines de verre d'isolation, la laine de roche et la laine de laitier sont à présent considérées comme ne pouvant être classées quant à leur cancérogénicité pour l'homme (Groupe 3). Les filaments de verre continus, principalement utilisés dans le renforcement des matières plastiques, sont également considérés comme ne pouvant être classés quant à leur cancérogénicité pour l'homme.

---

**Pour obtenir davantage de détails sur l'évaluation des monographies, veuillez consulter <http://monographs.iarc.fr>**

# ANNEXE 3

## Avis du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France

### CONSEIL SUPERIEUR D'HYGIENE PUBLIQUE DE FRANCE

*Section "Evaluation des Risques de l'Environnement sur la Santé"*

## Avis

relatif à

l'utilisation des laines minérales manufacturées dans les habitations

– Séance du 9 septembre 1993 –

Vu le large emploi de ces laines sous leurs différentes natures (laine de verre, de roche ou de laitier), formes (matelas, panneaux, coquilles, bourre) et procédés de mise en oeuvre (pose sur support, agrafage, cerclage, injection, projection, soufflage avec ou sans liant) pour l'isolation thermique et phonique des bâtiments d'habitation,

Vu la mise en oeuvre de certains de ces produits effectuée de manière fréquente par le particulier lui-même,

Vu le risque de contact direct et le risque de pénétration dans les voies respiratoires supérieures et profondes que présentent ces fibres, compte tenu de leurs dimensions actuelles de fabrication (théoriquement comprises entre 2 et 9 micromètres mais libérant en pratique des fibres de diamètre inférieur à 0,5 micromètre), pour les occupants en cas de dispersion dans l'atmosphère des locaux,

Vu les faibles niveaux de concentrations relevés lors des campagnes de prélèvements effectuées par différents organismes tant au niveau des postes de travail des entreprises de fabrication et de pose que dans l'ambiance des locaux d'habitation et malgré l'absence de valeur limite d'exposition pouvant servir de référence,

Vu cependant le risque accru de dispersion de ces fibres par vieillissement du liant dans le temps, entraînant une perte des propriétés mécaniques du produit, ou lors d'opérations d'entretien ou de démantèlement des bâtiments,

.../...



Vu l'évaluation du Centre International pour la Recherche sur le Cancer (CIRC, juin 1987) qui classe la laine de verre, la laine de roche et la laine de laitier comme cancérogènes possibles pour l'homme (groupe 2B),

Vu le rapport de la réunion d'experts sur la sécurité dans l'utilisation des fibres minérales et synthétiques tenue à la demande du Bureau International du Travail (Genève 1989) qui précise d'une part, qu'il existe des manifestations irritatives cutané-muqueuses et d'autre part, que l'on ne peut exclure un risque de cancer broncho-pulmonaire lors des expositions de type professionnel,

Vu la recommandation de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS, 1992) de privilégier les études d'exposition animale par inhalation répondant à des critères méthodologiques stricts pour l'évaluation des risques de pathologies respiratoires liées aux fibres et compte tenu que la principale étude de ce type est actuellement en cours et que ses résultats ne sont que partiellement connus,

Le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France

considère

- que, compte tenu du niveau très faible d'exposition résultant d'opérations ponctuelles de pose par les particuliers eux-mêmes ou de leur séjour dans les habitations ainsi traitées, le risque de pathologie pulmonaire maligne ou non maligne (fibrose incluse) est négligeable,
- qu'un risque d'irritation réversible de la peau, des yeux et des voies aériennes supérieures existe lors des opérations de manipulation et de pose de ces produits ainsi que lors de travaux ultérieurs conduisant à une dégradation même partielle de ceux-ci;

propose de réexaminer cette position en fonction des résultats des études en cours et des discussions qui se déroulent actuellement sur ce sujet au niveau de la CEE;

attire l'attention sur le problème que pourrait poser à terme le vieillissement de tels produits pouvant conduire dans certaines circonstances (notamment lors de travaux de réfection ou de démolition) à des dispersions importantes de fibres susceptibles d'entraîner des phénomènes d'irritation et estime que des études de suivi devraient être entreprises sur ce thème;

.../...

souhaite :

- que des études soient poursuivies dans le but :
  - . de préciser les mécanismes d'action des fibres vis-à-vis de l'appareil respiratoire, notamment en terme de biopersistance et des paramètres l'influençant,
  - . de préciser les niveaux d'exposition des personnes par des campagnes de prélèvement à plus grande échelle,
  - . d'élaborer une stratégie d'évaluation épidémiologique plus homogène et expérimentale (batterie de tests validés) des risques liés aux fibres actuellement commercialisées ou en cours de développement,
  - . de poursuivre au niveau national le suivi épidémiologique des pathologies les plus spécifiques associées à l'exposition aux fibres notamment le mésothéliome,

afin que des valeurs limites et les méthodes de prélèvement soient précisées permettant pour le futur une évaluation tant du risque de pathologie pulmonaire associé aux fibres les plus fines que du risque d'irritation lié aux fibres les plus grosses;

se propose, si des données nouvelles apparaissent, de refaire le point sur le sujet.

**Cet avis ne peut être diffusé que dans sa totalité,  
sans suppression ni ajout.**

# ANNEXE 4

## Conclusions du rapport du G2SAT « Les fibres minérales artificielles et l'amiante »

### CONCLUSIONS

L'épidémiologie a montré que l'amiante est pour l'homme un cancérigène pulmonaire. Il n'en est pas ainsi pour les fibres minérales artificielles, mais on peut penser, en particulier pour les fibres céramiques réfractaires (silice - alumine) biopersistantes que le caractère relativement récent de la production industrielle ne permet pas un recul suffisant pour en juger valablement.

Certains facteurs influencent la réponse à l'effet cancérigène, notamment l'usage du tabac (synergie), mais aussi l'inhalation en grande quantité d'autres aérosols alvéolaires insolubles, même non connus pour leur pathogénicité. Pour ce qui est du mésothéliome, la fibre doit être transportée à la plèvre et il est vraisemblable qu'interviennent des facteurs autres que sa géométrie, par exemple des propriétés de surface.

D'une façon générale, les fibres minérales artificielles (FMA) n'ont pas toutes leurs propriétés en commun avec l'amiante, en particulier :

- leurs diamètres géométriques sont plus importants que ceux des fibres d'amiante (à l'exception de ce qu'on appelle les micro-fibres, actuellement peu diffusées en Europe). Il en résulte, à masse identique, un moindre nombre de FMA dans l'atmosphère que de fibres d'amiante ;
- leur biopersistence en milieu pulmonaire est plus faible, surtout comparée à celles du crocidolite et de l'amosite (le chrysotile est la variété d'amiante la moins biopersistante) ;
- à la différence de l'amiante, les fibres les plus fines et les plus longues, que l'on pense les plus dangereuses, subissent en milieu pulmonaire des cassures transversales et disparaissent ;
- elles ne peuvent pas se séparer longitudinalement en fibres de plus petits diamètres ;
- elles ne sont pas cristallines.

C'est en raison de ces différences que l'on peut envisager la substitution de FMA à l'amiante, chaque fois que c'est techniquement possible. Les décisions concrètes restent souvent très difficiles à prendre notamment en raison :

- des propriétés toxicologiques a priori défavorables des fibres biopersistantes ;
- de l'évolution technique rapide de leurs formulations et propriétés ;
- de la méconnaissance des mécanismes extrêmement complexes de la cancérogénèse par les fibres industrielles.

.../...

## ANNEXE 4 (suite)

Pour répondre, malgré toutes ces difficultés, aux souhaits de personnes du terrain d'une présentation simple qui puisse aider à orienter des choix, on peut, à partir de l'ensemble des données actuelles, proposer un tableau positionnant qualitativement, par ordre de toxicités décroissantes, les fibres d'amiante et les fibres minérales vitreuses artificielles.

<b>Fibres inhalables de :</b>	<b>Appréciation qualitative du risque</b>
Amiante	Provoque chez l'homme des cancers pulmonaires et de la plèvre, des fibroses pulmonaires, ainsi que des plaques pleurales.
Fibres céramiques réfractaires	Provoquent chez l'animal d'expérience des cancers pulmonaires et de la plèvre, et des fibroses pulmonaires. Des plaques pleurales ont été rapportées chez l'homme.
Laines de roche	Provoquent des fibroses pulmonaires chez l'animal d'expérience, aux forts niveaux d'exposition.
Laines de laitier, laines de verre	Ne provoquent pas de fibrose pulmonaire chez l'animal d'expérience, même à forte exposition.

Toxicités comparées, par ordre décroissant de risque cancérogène, de l'amiante et des fibres minérales vitreuses artificielles.

Il est clair actuellement que les facteurs de dimension, biopersistance et propriétés de surface des fibres jouent un rôle important dans les mécanismes menant aux fibroses et aux tumeurs pulmonaires.

D'un point de vue préventif, il semble avisé de suivre et d'approfondir, au besoin par des programmes scientifiques volontaires, les connaissances relatives à toutes les fibres utilisées à l'échelle industrielle.



# ANNEXE 5

## Synthèse du rapport d'expertise de l'INSERM « Effets sur la santé des fibres de substitution à l'amiante »

**INSERM**  
**Département de l'Information Scientifique et de la Communication**  
**Relations Presse et Partenariats médias**

COMMUNIQUE DE PRESSE  
7 juillet 1998

Expertise Collective :

"Effets sur la santé des fibres de substitution à l'amiante"

synthèse du rapport d'expertise

### **De nombreuses questions en suspens**

L'INSERM vient de remettre les conclusions d'une expertise collective sur les effets sur la santé de quelques fibres de substitution à l'amiante. Cette expertise a été réalisée à la demande de la Direction Générale de la Santé (DGS) et de la Direction des Relations du Travail (DRT) pour poursuivre la démarche entreprise avec la réalisation de l'expertise collective INSERM sur l'amiante. (l'expertise collective Inserm "Effets sur la santé des principaux types d'exposition à l'amiante" a été rendue publique en juillet 96).

La France a été le 8ème pays européen à interdire l'amiante. Son remplacement fait appel à de nombreux matériaux constitués ou non de fibres. De nombreux travaux scientifiques ont suggéré que la structure "fibre" de l'amiante est un élément pathogénique important. En conséquence, toute nouvelle fibre proposée comme substitut à l'amiante (ou pour tout autre usage), doit être soupçonnée, a priori, d'être pathogène en raison de sa structure.

Les fibres examinées sont les fibres minérales artificielles (laines de verre, de roche et de laitier, filaments continus de verre, microfibres de verres, et fibres céramiques) et les fibres organiques naturelles comme la cellulose, ou organiques artificielles comme les polyvinylalcools et les para-aramides.

Comme l'amiante, on les rencontre dans de nombreuses utilisations (isolations thermiques et phoniques, matériaux composites, fibrociment, textiles, produits de friction, ...).

Le groupe d'experts composé de biologistes, de toxicologues, d'épidémiologistes, de métrologistes, de physico-chimistes, de médecins spécialistes en pneumologie ou spécialistes de pathologie professionnelle, a procédé à une analyse approfondie de la littérature scientifique internationale publiée jusqu'à la fin de 1997, ainsi que de

.../...

nombreux rapports. La coordination scientifique a été assurée par le service commun n°15 de l'INSERM "Expertise collective, médecine moléculaire et impacts en santé".

Le risque de cancer a été plus particulièrement examiné. Sur la base des données épidémiologiques - qui ont, pour l'essentiel, été recueillies dans l'industrie de production des fibres - il n'a jamais été possible de conclure de façon ferme. Après exposition aux fibres de laine de roche et de laitier et aussi aux laines de verre, un accroissement du risque de cancer du poumon ne peut être exclu. Mais, les experts estiment que ce risque, s'il existe, est faible pour les niveaux peu élevés d'exposition rencontrés dans cette industrie.

Il n'existe pas ou peu de données concernant les personnes procédant à des tâches de pose ou d'intervention sur ces matériaux. Par ailleurs, il est impossible, à l'heure actuelle de se prononcer sur l'existence d'un risque de mésothéliome (cancer de la plèvre) en raison du manque de recul des observations. Pour les autres types de fibres (céramiques, cellulose, aramides), il faut considérer que l'existence d'un risque n'est pas évaluable dans l'état actuel des données.

Au niveau expérimental chez l'animal, plusieurs types d'expériences, in vivo (injections dans la trachée, la plèvre ou le péritoine), ou in vitro (cultures cellulaires), ont permis de mettre en évidence un pouvoir cancérigène des fibres céramiques, des fibres de laines de verre et des fibres de laines de roche. Ce potentiel tumorigène est retrouvé dans les études par inhalation que pour les fibres céramiques, et si l'on agrège toutes les données disponibles, pour les fibres de laines de verre. Les échantillons testés diffèrent sensiblement de ceux respirés par l'homme, par leur taille, qui a dû être adaptée aux animaux, et par l'absence de liants. Reste posée la validité de la transposition de modèles animaux à l'homme.

Par analogie avec les pathologies rencontrées lors des expositions à l'amiante, les experts se sont également intéressés aux pathologies respiratoires chroniques non malignes. Là encore, il est impossible d'affirmer ou d'infirmer l'existence d'un risque lié à l'exposition aux fibres. Par contre, dans le domaine de la dermatologie, les experts estiment qu'au moins un ouvrier sur deux présente une dermatite irritative, au moins au début de son emploi.

### **Au vu de ces données, les experts émettent un certain nombre de recommandations :**

- poursuivre des recherches pour mieux connaître l'exposition des personnes et le niveau de contamination des lieux. Développer notamment des études concernant les utilisateurs de fibres de substitution, population large pour laquelle on ne dispose d'aucune information.
- veiller à ce que les niveaux d'exposition, chez ces utilisateurs, soient aussi faibles que possible.
- mettre au point des modèles expérimentaux pour pouvoir explorer les mécanismes d'action des fibres et prédire leur toxicité. Ne pas se baser uniquement sur le critère de solubilité des fibres in vitro pour prédire leur caractère éventuellement

.../...



toxique. Cette utilisation des tests de solubilité est tout à fait prématurée et ne repose pas sur des bases scientifiques solides.

- rendre les fibres accessibles à la recherche en créant une banque d'échantillons de fibres de substitution à l'amiante accessible à tous les expérimentateurs.

La synthèse du rapport est disponible sur ce site. Elle est également disponible (41 pages) auprès du bureau de presse de l'INSERM. Le rapport complet sera disponible en de septembre 1998

#### Contact presse

Bureau de Presse INSERM  
Claire ROUSSEL  
Tél : 01.44.23.60.84

liants = produits rajoutés lors de la fabrication pour améliorer les performances du matériau et limiter sa détérioration dans le temps.

# ANNEXE 6

Avis de l'AFSSET sur l'évaluation de l'exposition de la population générale et des travailleurs

## Les fibres minérales artificielles siliceuses

Laines minérales

Filaments continus de verre

Évaluation de l'exposition de la population générale  
et des travailleurs

- **Avis de l'Afsset**
- **Rapport d'expertise collective**
- **Annexes**

))) **afsset** )))  
agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail

Octobre 2008



**Le Directeur général par intérim**

Maisons-Alfort, le 13 octobre 2008

## **AVIS**

### **de l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail**

**Relatif aux « fibres minérales artificielles : laines minérales et filaments continus de verre**

**Evaluation de l'exposition de la population générale et des travailleurs »**

Saisine Afsset n° « 2004/012 »

L'Afsset a pour mission de contribuer à assurer la sécurité sanitaire dans le domaine de l'environnement et du travail et d'évaluer les risques sanitaires qu'ils peuvent comporter. Elle fournit aux autorités compétentes toutes les informations sur ces risques ainsi que l'expertise et l'appui technique nécessaires à l'élaboration des dispositions législatives et réglementaires et à la mise en œuvre des mesures de gestion du risque.

#### **Présentation de la question posée**

L'Afsset a été saisie le 20 juillet 2004 par ses tutelles ministérielles, en l'occurrence la Direction Générale de la Santé, la Direction des Etudes Economiques et de l'Evaluation Environnementale et la Direction des Relations au Travail, afin de procéder à une évaluation de l'exposition actuelle et passée de la population générale et professionnelle aux fibres minérales artificielles siliceuses (FMA). Les principaux objectifs se déclinent en deux axes :

- préciser les applications passées et actuelles relatives à ces fibres, notamment l'historique de leur emploi, leur accessibilité, le devenir après usage, les caractéristiques techniques et l'évolution des matériaux fibreux avec le vieillissement de l'ouvrage. L'étude doit également recenser les additifs présents dans ces fibres, les évolutions techniques et l'existence de produits ou procédés de substitution non dangereux ou moins dangereux en indiquant la fréquence d'utilisation de ces alternatives ;
- évaluer l'exposition de la population générale et professionnelle.

Un précédent rapport<sup>1</sup> publié en avril 2007 a traité prioritairement des fibres céramiques réfractaires (FCR) et des fibres de verre à usage spécial de type E et 475 Glass. Le présent

<sup>1</sup> Afsset. (2007) : 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 s'intéresse aux autres représentants des FMA : les laines minérales et les filaments continus de verre.

## Contexte

L'Afsset a confié au Comité d'Experts Spécialisés (CES) «Evaluation des risques liés aux milieux aériens » l'instruction de cette saisine. Ce dernier a mandaté le groupe de travail «fibres minérales artificielles» pour la réalisation des travaux d'expertise.

Les travaux d'expertise du groupe de travail ont été soumis régulièrement au CES. Le rapport produit par le groupe de travail tient compte des observations et éléments complémentaires transmis par les membres du CES.

Ces travaux d'expertise sont ainsi issus d'un collectif d'experts aux compétences complémentaires. Ils ont été réalisés dans le respect de la norme NF X 50-110 « qualité en expertise » avec pour objectif de respecter les points suivants : compétence, indépendance, transparence, traçabilité.

La partie technique relative à l'utilisation et aux applications passées et actuelles des laines minérales et des filaments continus de verre a été instruite par l'Agence. L'Afsset a auditionné certains industriels concernés, contacté des organismes publics susceptibles de détenir des informations, mandaté des cabinets spécialisés pour faire des études et réalisé une large revue de la littérature.

Le groupe de travail a animé et orienté les travaux réalisés par l'Afsset. Il a apporté un regard critique sur l'expertise technique produite. Par ailleurs, il a synthétisé les éléments actuellement disponibles en matière d'évaluation de l'exposition de la population générale et professionnelle à ces fibres, en s'appuyant sur les données publiées dans la littérature scientifique et dans un certain nombre de bases de données.

### **L'Afsset s'appuyant sur l'avis de son Comité d'Experts Spécialisés « Evaluation des risques liés aux milieux aériens », consulté en raison de la dispersion éventuelle des fibres dans le milieu aérien rend l'avis suivant :**

Considérant les objectifs de l'action 18 du PNSE visant à « limiter l'exposition de la population générale aux fibres minérales artificielles »

Considérant l'avis du CSHPF en date du 5 février 2004 relatif à la protection de la population contre les risques pour la santé de l'exposition au FMA siliceuses ;

Considérant la mise en place d'un plan d'actions interministériel, en date du 2 avril 2004, piloté par le ministère de la santé et des solidarités et déclinant les recommandations de l'avis du CSHPF ;

Le présent avis porte explicitement sur les laines minérales et les filaments de verre continus. Les travaux et conclusions du groupe de travail, assemblés dans un document intitulé: « **Rapport d'expertise collective relatif aux laines minérales et aux filaments continus de verre** », ont été adoptés lors de la séance plénière du CES « Evaluation des risques liés aux milieux aériens » du 9 juillet 2008.



## L'Afsset relève que

### Pour les caractéristiques et la traçabilité des produits :

**Les laines minérales** sont des matériaux d'isolation thermique, acoustique et de protection incendie comprenant les laines de verre, les laines de roche et les laines de laitier. Elles se composent principalement de silice (40 à 70 %), d'alumine et de divers oxydes. Au début des années 1990, leur composition chimique a été modifiée afin d'accroître la solubilité des fibres dans les milieux biologiques, satisfaisant ainsi aux critères d'exonération de classement cancérigène<sup>2</sup> de la directive européenne 97/69/CE.

Depuis les deux dernières décennies, la tendance est à une diminution continue du diamètre des fibres produites par les industriels. A l'heure actuelle, les chiffres disponibles établissent ce diamètre moyen entre 3 et 8 µm.

En règle générale, les laines minérales contiennent, outre des fibres, 3 à 5% de liants organiques (résines formo-phénoliques) qui assurent la cohésion du produit et moins de 1% d'huile qui limite l'émission de poussière et l'absorption de l'eau. Suite à une réaction chimique et thermique, le liant devient solide et libère une quantité résiduelle de formaldéhyde (recherché pour son activité biocide) susceptible d'émaner du produit lors de la pose ou de l'utilisation. Une étude réalisée à la demande de l'Afsset, montre que 8 produits courants d'isolation testés (4 neufs et 4 anciens), ont des émissions en composés organiques volatils (COV) respectant les seuils fixés par le protocole Afsset 2006<sup>3</sup>, à l'exception du formaldéhyde. Les émissions de formaldéhyde, principal composé dégagé, peuvent perdurer, même plusieurs années après la pose, comme le montrent des essais réalisés sur les produits anciens.

Pour certaines applications telles que les fours électroménagers, les producteurs européens proposent des solutions sans liant organique. Les laines de laitier ne contiennent pas de liant.

En France, le marché de l'isolation thermique est en forte augmentation depuis 20 ans et les laines minérales représentent 60 à 70 % des matériaux utilisés dans le bâtiment. Les laines minérales répondent favorablement aux exigences réglementaires, en termes d'isolation thermique, acoustique et de protection incendie. Leurs usages sont largement répandus dans le bâtiment, l'aéronautique, la construction navale, etc.

Le bâtiment représente 90 % des usages qui concernent l'isolation des toits, des murs, des planchers et l'étanchéité dans le secteur des bâtiments résidentiels et non résidentiels. La technique d'isolation des toitures utilisant la laine soufflée en flocons est de plus en plus utilisée, alors que cette technique est *a priori* la plus émissive en termes de fibres.

Le calorifugeage des tuyauteries ou des équipements thermiques industriels représente 5 % des quantités de laine minérale utilisée.

<sup>2</sup> Note Q de la directive EU 97/69/CE

La classification comme cancérigène ne doit 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 10 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 40 jours.
- Ou un essai intrapéritonéal approprié n'a montré aucune évidence d'excès de cancérigénicité
- Ou un essai à long terme par inhalation approprié a conduit à une absence d'effets pathogènes significatifs ou de modification néoplasiques

Note R

La classification comme cancérigène ne doit pas s'appliquer aux fibres dont le diamètre moyen géométrique pondéré par la longueur moins deux erreurs types est supérieur à 6 µm

<sup>3</sup> Procédure de qualification des produits de construction sur la base de leurs émissions de composés organiques volatils et de critères sanitaires. Octobre 2006. Disponible sur [www.afsset.fr](http://www.afsset.fr).



Les autres usages, concernant un grand nombre d'applications et de produits, représentent les 5 % restants (projection ou flocage notamment pour la protection incendie des bâtiments en mélange avec des additifs (plâtres, ciment...), appareils électroménagers, ...). La France est le plus important utilisateur européen de la technique par projection.

Concernant l'identification et la traçabilité, il n'existe pas de code ou de marquages spécifiques inscrits sur la laine minérale (aucune réglementation ne l'exige). Toutefois, les producteurs ont rédigé des fiches de données de sécurité.

Le vieillissement correspond à toute altération lente et irréversible des propriétés d'un matériau, résultant de son instabilité propre ou d'effets de l'environnement. Les données disponibles restent actuellement limitées. Une étude réalisée à la demande de l'Afsset suggère que les matériaux vieillissent émettent davantage de fibres au moment de leur retrait que lors de l'installation de produits neufs.

Les déchets de chantiers sont admis en décharge pour déchets non dangereux (Centre d'Enfouissement Technique de classe 2).

**Les filaments de verre continus**, dont le diamètre nominal se situe le plus souvent entre 6 et 15  $\mu\text{m}$ , sont des fibres de verre d'une longueur suffisante pour être compatible avec une utilisation sous forme de textiles. Il existe une grande diversité d'utilisation de ces fibres, leur principale finalité (environ 90% de leur usage) étant de servir de renfort dans les matériaux composites. Les secteurs utilisant ces matériaux sont par ordre décroissant de tonnage utilisé : le bâtiment et les infrastructures; les moyens de transport; l'électricité et l'électronique; etc. Les déchets issus des filaments de verre continus sont considérés comme des déchets industriels banals.

### **Pour la métrologie des fibres**

En milieu professionnel, la mesure des FMA s'effectue réglementairement par microscopie optique à contraste de phase, MOCP. Cette technique est adaptée aux situations où la nature des fibres n'est pas à rechercher.

Pour la mesure des expositions environnementales, la microscopie optique à lumière polarisée (MOLP) et la microscopie électronique à balayage analytique (MEBA) sont les méthodes les plus adaptées. Les fibres mesurées dans l'air des bâtiments peuvent être de nature différente. La MOCP n'est pas utilisée en milieu environnemental puisqu'elle ne permet pas d'identifier la nature des fibres mesurées.

Les niveaux de FMA dans l'air mesurés dans les bâtiments par les techniques MOLP et MEBA diffèrent d'un à deux ordres de grandeur. Dans les essais où les niveaux d'émission de laines minérales sont faibles, la MEBA, utilisée à un fort grossissement, n'a pas la sensibilité suffisante pour détecter de telles concentrations.

### **Pour l'exposition de la population**

#### ***Exposition des travailleurs***

Les données, issues des bases COLCHIC et Evalutil, témoignent de la large utilisation des laines minérales dans un grand nombre de secteurs d'activité.

Des éléments issus de la base COLCHIC attestent d'une diminution des niveaux d'exposition au cours du temps.

Pour les laines minérales, les niveaux d'exposition montrent que, sur l'ensemble des deux bases de données, le taux de dépassement de la VME<sup>4</sup> (valeur moyenne d'exposition) fixée

---

<sup>4</sup> Circulaire DRT n°95-4 du 12 janvier 1995 modifiant et complétant la circulaire du 19 juillet 1982 modifiée / Circulaire DRT n°8 du 21 août 1996 modifiant et complétant la circulaire du 19 juillet 1982 modifiée. Pour rappel, la VME se définit comme une valeur admise pour la moyenne dans le temps des concentrations

à 1 f/ml (soit  $10^6$  f/m<sup>3</sup>) est de l'ordre de 10% (notamment lors d'opérations d'usinage, soufflage,...).

Par ailleurs, l'analyse des résultats de la base COLCHIC, pour différentes populations de fibres, met en évidence une augmentation au cours du temps de la proportion de fibres fines en suspension dans l'air. Cette situation est probablement liée à une modification des caractéristiques dimensionnelles des laines minérales dans les vingt dernières années.

Très peu de données ont pu être collectées pour les activités associées soit à un retrait de laines minérales usagées (arrachage, grattage...), soit à une intervention dans des locaux contenant ce type de matériaux. Cependant, les informations disponibles indiquent que ces activités sont plus exposantes pour le travailleur que la pose ou la production.

Pour les filaments continus de verre, les niveaux d'exposition professionnelle apparaissent moins importants et le taux de dépassement de la VME fixée à 1 f/ml reste également très faible. L'exposition peut être aussi associée à des particules allongées émises notamment lors de l'usinage de matériaux composites. Dans ce cas, elles proviennent soit de la résine, soit de la matrice.

### **Estimation de la prévalence d'exposition professionnelle**

Les données disponibles sont parcellaires, particulièrement pour les filaments continus, et ne permettent de donner qu'un ordre de grandeur. L'exposition vie entière aux filaments continus concerne vraisemblablement moins de 1% des travailleurs. On peut estimer que la prévalence de l'exposition professionnelle vie entière aux laines minérales<sup>5</sup> est de l'ordre de 10% chez les hommes, et de 1% chez les femmes. Une matrice emplois-expositions aux laines minérales est actuellement en cours de finalisation au Département santé travail de l'InVS et devrait fournir prochainement plus de précisions.

### **Exposition de la population générale aux laines minérales**

Le nombre de données disponibles est limité. Les mesures effectuées dans l'environnement urbain parisien, en situation de fond, ne dépassaient pas la valeur de 2 f/m<sup>3</sup> (en MOLP) pour les fibres de diamètre <3µm.

Lors d'une étude portant sur deux chantiers de retrait des laines minérales, les concentrations retrouvées à 30 m du chantier étaient 100 fois supérieures au fond de pollution.

Une analyse des données de plus de 200 prélèvements dans les bâtiments non résidentiels parisiens, suite à des plaintes, montre que dans la grande majorité des cas, les concentrations en fibres sont du même ordre de grandeur que le fond de pollution urbaine de l'agglomération parisienne.

---

auxquelles un travailleur est effectivement exposé au cours d'un poste de 8 heures. La valeur limite 8 heures est destinée à protéger les travailleurs des effets d'une exposition prolongée à des agents chimiques. Des modifications physiologiques réversibles sont parfois tolérées, aucune atteinte organique ou fonctionnelle de caractère irréversible ou prolongée n'est admise à ce niveau d'exposition pour la grande majorité des travailleurs.

<sup>5</sup> Proportion de personnes exposées au moins une fois au cours de leur vie professionnelle aux laines minérales, quel que soit le niveau.



agence française de **sécurité sanitaire de l'environnement et du travail**

## **Au vu des constats précédents, l'Afsset recommande pour les laines minérales et les filaments de verre continus**

### De renforcer la connaissance des caractéristiques des produits et leur traçabilité

- Obtenir de la part des producteurs de laines minérales et de filaments de verre continus, via leurs représentants par exemple :
  - la distribution granulométrique des fibres dans leurs produits ;
  - la mise en place d'une traçabilité des caractéristiques physico-chimiques des fibres en raison de l'évolution de la composition des laines minérales ;
  - des données sur le vieillissement des laines minérales, en termes de modifications structurelles en condition normales ou de contraintes résultant de leur utilisation (températures élevées, contact avec des agents chimiques corrosifs...)

et les inciter à la mise en place d'une fiche de données de sécurité (FDS) pour les articles en vue d'améliorer l'information. En effet, les produits contenant des laines minérales tout comme ceux contenant des filaments de verre continus ne présentent pas d'obligation réglementaire de mise à disposition d'une FDS ;

- Améliorer la gestion des déchets de laines minérales notamment sur le volet de l'identification et du tri. Cette question du devenir de substances utilisées dans le bâtiment doit s'intégrer dans un système global de gestion des déchets dans le secteur des bâtiments et travaux publics.

### De mieux caractériser l'exposition professionnelle et celle de la population générale à ces fibres

- Acquérir des données d'exposition pour les activités professionnelles susceptibles d'être source de niveaux importants d'exposition aux fibres de laines minérales :
  - Soufflage, projection ou flochage ;
  - Retrait ;
  - Démolition de bâtiments ou de structures isolées.
- Réaliser des campagnes de prélèvements de longues durées afin de préciser l'exposition sur la journée de travail et mieux caractériser les pics d'exposition ;
- Elaborer des méthodes de quantification pour déterminer le niveau de contamination d'un local (valeur guide de gestion, contamination surfacique, etc.).

### De mettre en place des mesures de prévention

- Adopter des procédures visant à réduire l'émission de fibres et empêcher ainsi leur dispersion dans l'environnement en priorité pour les chantiers de retrait ;
- Veiller à ce que les émissions en COV par les produits neufs, des substances utilisées en tant que résines/liants et autres additifs soient les plus basses possibles à travers la mise en place d'un label d'émissivité prenant en compte notamment les concentrations en formaldéhyde. A ce titre, l'Afsset a proposé en 2006 une procédure de qualification des produits de construction sur la base de leurs émissions de COV et de critères sanitaires.



253 Avenue du Général Leclerc – 94701 Maisons-Alfort Cedex – n° siren 180092348  
☎ 01 56 29 19 30 – ☎ 01 43 96 37 67 – site : <http://www.afsset.fr> – mél : [afsset@afsset.fr](mailto:afsset@afsset.fr)



**L'Afsset souhaite également que :**

- Le potentiel toxique et les éventuels effets sanitaires des laines minérales et des filaments continus de verre ainsi que des différents produits de même application soient mieux caractérisés ;
- Une réflexion critique soit menée sur le choix alternatif des tests d'évaluation actuellement préconisés pour évaluer le potentiel toxique de ces fibres selon la directive européenne 97/69/CE. D'autres éléments que la mesure du diamètre ou de la biopersistance doivent être discutés (composition chimique, réactivité de surface...);
- Soient étudiées les situations pour lesquelles un repérage et une identification des laines minérales dans les bâtiments et les produits manufacturés pourraient être pertinents. Plus globalement, *a minima* pour les nouvelles constructions, l'élaboration d'une « carte d'identité du bâtiment » recensant l'ensemble des matériaux utilisés est jugée d'intérêt pour une meilleure traçabilité.

*Maisons-Alfort, le 13 octobre 2008*

**Le Directeur Général p.i.**



Henri POINSIGNON

# ANNEXE 7

## Les engagements d'EURIMA



### **EURIMA AND ITS MEMBER COMPANIES' COMMITMENT ON THE LABELLING OF MINERAL WOOL INSULATION PRODUCTS**

EURIMA and its member companies (hereinafter, the “undersigned”) undertake and commit themselves to follow the provisions of this Commitment as provided hereinafter.

#### **BACKGROUND**

1. In 1997, mineral wool was classified as an irritant, requiring risk phrase R 38, pursuant to Commission Directive 97/69/EC of 5 December 1997 (the Directive) adapting to technical progress for the 23rd time Council Directive 67/548/EEC on the approximation of the laws, regulations and administrative provisions relating to the classification, packaging and labelling of dangerous substances.
2. Mineral wool can cause itching of the skin due to the mechanical effects of coarse fibres. However, these reversible temporary effects do not justify classification requiring risk phrase R 38 according to the criteria set out in Commission Directive 98/98/EC of 15 December 1998 adapting to technical progress for the 25th time Council Directive 67/548/EEC on the approximation of the laws, regulations and administrative provisions relating to the classification, packaging and labelling of dangerous substances.
3. The conclusion of a detailed report based on scientific studies and dermatologists' reports after 1997 is that mineral wool should not be classified as irritant based on the aforementioned criteria. This was also recognised by the Commission Working Group on Classification and Labelling for Carcinogenic, Mutagenic and Reproduction Toxicity Effects at its meeting during 14-16 May 2003.
4. As a result of the above, the undersigned reiterate their support for a declassification of mineral wool as an irritant under the Directive requiring risk phrase R 38. As from the date of declassification, the undersigned shall comply with the Commitment as provided hereinafter, the present Commitment constituting a binding and legally enforceable agreement between the undersigned.

#### **PARTIES**

5. This Commitment is undertaken by the undersigned, namely EURIMA and its member companies (on their own behalf and on behalf of all their affiliates<sup>1</sup>) for

---

<sup>1</sup> Affiliates means, with respect to any person or entity, any company directly or indirectly through one or more intermediaries, controlling, controlled by, or under common control with such person or entity; for this purpose, “control” means the possession of the power to direct the management or policies.





their mineral wool products to which this Commitment applies, whether manufactured in the Community or imported into the Community.

6. EURIMA represents the majority of the mineral wool insulation industry in the Community, and only a few small companies are not members. Nonetheless, EURIMA and/or its member companies will make every reasonable effort to ensure that other companies selling the mineral wool products to which this Commitment applies in the Community also comply with the provisions of this Commitment.
7. The undersigned will ensure that the Commitment is implemented in a manner which complies with applicable Community competition rules.

## SCOPE

8. The commitment applies to mineral wool (Man-made vitreous (silicate) fibres with random orientation with alkaline oxide and alkali earth oxide ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{CaO} + \text{MgO} + \text{BaO}$ ) content greater than 18% by weight).

## THE COMMITMENT

The undersigned commit and bind themselves to the following:

9. As from the entry into force of declassification of mineral wool, at the Community level, the undersigned shall display on their packaging the statement "*The mechanical effect of fibres in contact with skin may cause temporary itching*" (or equivalent wording fulfilling the same meaning), plus either the attached set of pictograms (or equivalent pictograms fulfilling the same meaning), or a statement of precaution as follows: "*When installing insulation in unventilated spaces a suitable disposable facemask should be used. When handling product, cover exposed skin. Wear goggles when working with product overhead. Dispose of waste in accordance with local regulations. Clean area using vacuum equipment. If itching occurs, it may be lessened by rinsing in cold water before washing*" (or equivalent wording fulfilling the same meaning).
10. The undersigned shall continue the present practice of making Material Safety Data Sheets available for users on request in accordance with Commission Directive 91/155/EEC of 5 March 1991 defining and laying down the detailed arrangements for the system of specific information relating to dangerous preparations in implementation of Article 10 of Directive 88/379/EEC.
11. EURIMA member companies shall report to EURIMA on a biannual basis (and at the latest within the month following the end of each six-month period), as from the onset of the Commitment in point 9 above on the implementation of points 9 and 10 above.



## MONITORING OF COMPLIANCE

12. EURIMA shall compile the biannual reports on implementation of the Commitment and shall report to the European Commission on such implementation at the latest within the quarter following the end of each six-month period.
13. The undersigned undertake to cooperate in providing the European Commission with all reasonable information for the purpose of ensuring compliance with this Commitment and to allow officials of the European Commission and/or the relevant authorities of the Member States reasonable access to verify the veracity of all information and data furnished.

## ENFORCEMENT OF THE COMMITMENT

14. The undersigned hereby acknowledge that the Commitment is fully and legally binding on each of them and undertake to inform EURIMA immediately of any failure to comply of which they become aware. In the event of a failure to comply with any part of the present Commitment, EURIMA (together with, if so requested by EURIMA, the non-violating parties to this Commitment) shall (i) promptly give notice thereof to the violating party with a copy to the European Commission (the notice shall set forth a description of the failure to comply and the violating party undertakes to cure or correct such failure and resume performance of the Commitment within the shortest period of time) and (ii), if the failure is material and not immediately cured or corrected, bring any legally possible protective and infringement actions or proceedings against the violating party or parties before the competent court located within the judicial district of Brussels, Belgium (the location of EURIMA's permanent office).
15. The undersigned are aware that any violation of this Commitment may lead to a consideration by the European Commission to annul this Commitment and to re-instate the classification of mineral wool as an irritant under the Directive requiring risk phrase R 38. In such a case, the violating party who has failed to cure and correct the failure in accordance with article 14 above shall be liable to indemnify the non-violating parties for any and all direct loss and damage resulting to the non-violating parties from this re-instatement caused by said failure by the violating party to comply with the Commitment.

## ENTRY INTO FORCE

16. This Commitment shall enter into force as from the declassification of mineral wool as an irritant under the Directive requiring risk phrase R 38.



## GOVERNING LAW AND FORUM

17. This Commitment shall be governed by and construed under the laws of the Kingdom of Belgium. The undersigned agree that any legal suit, claim, action or proceeding arising out of or relating in any way to this Commitment shall be brought before the competent courts located within the judicial district of Brussels, Belgium (the "Courts") exclusively. The undersigned irrevocably submit to the exclusive jurisdiction of the Courts in any such suit, claim, action or proceeding and waive any objection to the laying of venue in the Courts.

# ANNEXE 7 (suite)



SIGNED:

**For agreement**

Aljosa Krizman  
TERMO

Kurt Frei  
FLUMROC

Claude Imauven  
SAINT-GOBAIN ISOVER

Klaus W. Kömer  
SCHWENK DÄMMTECHNIK GmbH &  
CO. KG

Sigurd Natvig  
GLAVA

Roland Platzer  
HERAKLITH

Willi Reil  
SAGER

Tony Robson  
KNAUF INSULATION

Väinö Tuomisalo  
PAROC

Egco van Heel  
ROCKWOOL INTERNATIONAL

Frank Wojtalewicz  
URSA INTERNATIONAL



# ANNEXE 8

## Test de mutagenèse *in vivo*

Les progrès croissants de la biologie cellulaire et de la génétique moléculaire ont permis d'élaborer dès 1989, des tests de mutagenèse *in vivo* utilisant de nouvelles variétés d'animaux de laboratoire, à savoir des Rongeurs transgéniques (rat, souris) dont le génome contient des gènes dits « rapporteurs » de mutations dans toutes les cellules de tous les organes. Ces constructions génétiques permettent de mesurer le pouvoir mutagène d'un toxique sur un organe après exposition in-vivo de ces rongeurs transgéniques. Il est donc possible de :

- cibler la voie d'intoxication (cutanée, pulmonaire, digestive, systémique),
- cibler les organes (peau, gonades, cellules souches sanguines, ou tout autre organe),
- déterminer le potentiel mutagène d'un produit chimique par comparaison de la fréquence des mutants des groupes "témoin" et "exposé",
- constituer un spectre de mutations imputable au produit d'intoxication en analysant les mutations dans l'organe cible de la mutagenèse, par une technique de séquençage de l'ADN.

### 1. Principe

Le génome des rats transgéniques BigBlue™ contient un transgène, l'ADN du bactériophage  $\lambda$  (d'une taille d'environ 45 Kb, figure). Ce transgène, appelé vecteur navette, est inséré de façon stable dans l'ADN du rongeur grâce à ses extrémités *cos* est présent dans les cellules sous la forme de 30 à 40 copies orientées « tête-queue ». Il peut néanmoins être excisé avec une exquise précision et amplifié dans des bactéries réceptrices pour l'analyse des mutations.

Ce vecteur navette contient deux gènes qui sont des "rapporteurs" de mutations: le gène *lacI* (environ 1300 bases), inséré par clonage dans l'ADN du phage  $\lambda$  et le gène *cII* (294 pb) qui est un gène fonctionnel du bactériophage. Ces gènes, au même titre que les autres gènes de ces rongeurs, peuvent être la cible, soit de mutations spontanées se produisant normalement au cours de la vie de l'animal, soit de mutations induites sous l'action d'un toxique mutagène. Le transgène présent dans toutes les cellules de l'animal, cellules somatiques et cellules germinales, peut être facilement excisé de l'ADN génomique grâce à ses extrémités *cos*. Il peut être cloné et séquencé, ce qui autorise l'étude des mutations dans les deux gènes « rapporteurs ».

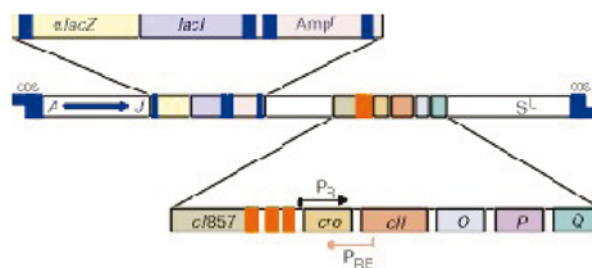


Figure : Le vecteur navette  $\lambda$



Le transgène et ses gènes rapporteurs ne sont pas fonctionnels, ils sont dits génétiquement neutres. Les mutations de ces gènes ne confèrent ni avantage, ni désavantage à la cellule. Cette propriété permet aux mutations de s'accumuler durant le traitement et de persister. La fréquence de mutants obtenue après l'exposition à un toxique, dépend de l'intensité de l'exposition et du temps d'observation

## 2. Construction du modèle transgénique BigBlue™

Le vecteur navette (bactériophage  $\lambda$  modifié) est instillé par microinjection dans le pronucleus mâle d'un œuf de rongeur (rat ou souris) fertilisé in-vitro puis réimplanté dans une femelle pseudogestante. Les souriceaux descendants sont sélectionnés pour la présence du transgène homozygote. Le vecteur navette est intégré dans le chromosome 4 chez le rat BigBlue™ développé par la société Stratagene™ (Californie, USA).

## 3. Les gènes rapporteurs

Le test de mutagenèse repose sur l'observation de mutations au niveau des 2 gènes rapporteurs, *cII* et *lacI*. La détection de ces mutations n'est rendue possible qu'après leur fixation par division active des cellules de l'organe étudié. Il est donc nécessaire de connaître le renouvellement cellulaire de l'organe cible représenté par les populations de cellules souches ou de cellules ayant conservé la capacité à se diviser. Par exemple, la moelle osseuse ou l'intestin grêle sont des organes à renouvellement rapide, alors que le foie et le poumon des organes à renouvellement lent.

**Le test de mutagenèse  $\lambda$ LIZ (*lacI*)** basé sur la synthèse ou non de la  $\beta$ -galactosidase : l'introduction d'un substrat enzymatique coloré dans le milieu de culture bactérien autorise le criblage basé sur la présence de plages de lyse bleues correspondant à des phages mutants. Le rapport des plages de lyse bleues au nombre total de plages de lyse permet de mesurer la FM du gène *lacI* pour un ADN génomique donné.

**Le test de mutagenèse  $\lambda$  Select *cII*** est un test de mutagenèse basé sur les cycles de croissance du bactériophage  $\lambda$ . La présence ou l'absence de mutation sur le gène *cII* détermine le devenir génétique du phage : lyse ou lysogénie. C'est un test de sélection positive des mutants par la température (contrairement au test *lacI*). Ainsi 2 températures de croissance des phages permettent de :

- à 24°C, la sélection des mutants correspondant au gène *cII* muté,
- à 37°C, la détermination du nombre total de phages  $\lambda$  ou titre en phages donné par le nombre de plages de lyse. Le rapport des 2 nombres donne la fréquence de mutants.

Dans les deux tests, les fréquences de mutants **FM** et les fréquences de mutation **fM** (ou fréquence de mutants indépendants) des ADN des groupes « témoin » et « exposé » à un temps d'observation donné sont calculées et comparées par le test t de Student. Le facteur d'induction **FI** représentant le potentiel mutagène du produit administré est également calculé.

Selon les résultats, les mutations sont analysées et classées afin d'établir le spectre de mutation. Les spectres de mutations induites et spontanées sont comparés afin de détecter la "signature" génétique d'un produit chimique ou particulaire.

#### 4. Application dans l'évaluation de la toxicité des fibres

En 1997, sous l'égide de l'*European Chemical Bureau* (ECB) un groupe d'experts animé par D.M. Bernstein et J.M. Riego Sintes a décidé de mettre en place une étude multicentrique d'évaluation de la biopersistence des fibres minérales artificielles (FMA) afin de répondre à la demande stipulée dans la note Q de la directive européenne (Directive 97/69 EC). Il paraissait important à cette date de cerner au mieux les propriétés toxiques des fibres mises nouvellement sur le marché européen. Deux types de tests ont été dès lors préconisés : des tests à court terme mesurant surtout la biopersistence des fibres et des tests à long terme mesurant les effets pathologiques dans le poumon ou la cavité abdominale de rongeurs de laboratoire.

En effet, si des études récentes ont montré que la biopersistence des fibres minérales artificielles dans le poumon de rongeurs pouvait représenter une valeur prédictive de leur toxicité (Bernstein et al, 2001a), il existe cependant peu de données concernant les relations entre biopersistence et potentiel mutagène et cancérigène de ces fibres. Seul un modèle mathématique, établi à partir d'une base de données de St-Gobain (Bernstein et al, 2001b), fait état de la relation entre biopersistence et cancérigénicité. De même, Hersterberg et al (1998) ont démontré par compilation statistique de données expérimentales, qu'il existait bien une relation entre le taux de dissolution des fibres longues et fines et le développement de tumeurs chez le rat exposé à des aérosols. Récemment Moolgavkar et al (2001) ont suggéré que le protocole d'inhalation de l'ECB prédisait bien le potentiel cancérigène des fibres à demi-vie longue (amosite, fibre céramique) contrairement à celles de demi-vie plus courte.

Les rongeurs transgéniques permettent la mesure des relations entre la biopersistence et différents effets toxiques tels que la réaction inflammatoire broncho-alvéolaire, le potentiel mutagène sur l'ADN pulmonaire, de manière à apporter une plus-value au protocole de tests à court terme développés par l'ECB.

Une première étude menée sur le crocidolite à l'INRS a montré l'intérêt du modèle de rongeurs transgéniques BigBlue™ dans un test d'inhalation oronasale à court terme pour mesurer le potentiel mutagène de ces fibres : le crocidolite s'était révélé mutagène sur l'ADN pulmonaire de souris Big Blue®. Une seconde étude a porté sur une fibre de verre peu biopersistante, la fibre C, administrée par inhalation sur des rats transgéniques BigBlue™ dans le cadre défini par

# ANNEXE 8 (suite)

---

le protocole de l'*European Chemical Bureau* (ECB/TM/26 rev.7 ) à savoir : une exposition oronasale de courte durée d'un aérosol de fibres bien défini sur le rat et d'évaluer *i)* son potentiel mutagène et *ii)* la relation entre sa biopersistance et sa mutagénicité. La fibre C peu biopersistante n'était pas mutagène sur l'ADN pulmonaire des rats transgéniques.

## 5. Le test in-vivo avec des rats transgéniques

Les rats transgéniques (dérivés d'un fond génétique F344) sont soumis à une exposition oronasale d'un aérosol de fibres respirables 6h/j pendant 5 jours. Sept rats exposés et 5 rats témoins sont affectés à chaque temps d'arrêt de l'expérience : 1 jour, 3 jours, 14 jours, 1 mois, 3 mois et si le dispositif d'inhalation le permet, 6 mois.

Pour chaque prélèvement, les paramètres étudiés peuvent être :

- la biopersistance : la mesure du nombre total des fibres et particules dans le poumon et leur répartition en taille. L'ensemble de ces données permet d'évaluer la clairance et demi-vie des fibres par l'utilisation de modèle à simple ou double exponentielle,
- la translocation pleurale : mesure du nombre total des fibres et particules des espaces pleuraux par la technique de moulage de la cage thoracique,
- la réaction inflammatoire alvéolaire : examen cytologique de lavage bronchoalvéolaire (LBA) et mesure des marqueurs de toxicité dans le LBA (ex. LDH) et d'inflammation (ex. TNF alpha),
- la prolifération cellulaire dans les bronchioles terminales par la mesure de l'indice de marquage cellulaire (BrdU),
- la fréquence de mutation de l'ADN du poumon, caractéristique du potentiel mutagène de la FMA ou de la particule,
- le spectre de mutations, correspondant à la signature génotoxique des FMA.

## 6. Conclusions

Ce test permet donc, en plus de l'étude des paramètres classiques (prolifération, réaction inflammatoire, biopersistance) de mettre en évidence la mesure du potentiel mutagène dans le poumon, lié à l'inhalation de FMA et particules.

## 7. Bibliographie

- Bernstein DM, Riego Sintés JM, Ersboell BK, Kunert J. Biopersistence of synthetic mineral fibers as a predictor of chronic inhalation toxicity in rats. *Inhal Toxicol.* 2001 13(10):823-49.
- Bernstein DM, Riego Sintés JM, Ersboell BK, Kunert J. Biopersistence of synthetic mineral fibers as a predictor of chronic intraperitoneal injection tumor response in rats. *Inhal Toxicol.* 2001 13(10):851-75.

# ANNEXE 8 (suite)

---

- Bottin MC, Gate L, Rihn BH, Micillino JC, Monhoven N, Martin A, Nunge H, Morel G, Wrobel R, Ayi-Fanou L, Champmartin C, Keith G, Binet S (2006). Genotoxic effects of bitumen fumes in Big Blue® transgenic rat lung. *Mut Res*, 596, 91–105.
- Bottin MC, Vigneron JC, Rousseau R, Micillino JC, Eypert-Blaison C, Kaufer E, Martin P, Binet S, Rihn BH (2003). Man made fiber hazardous properties assessment using transgenic rodents: e.g. of glass fiber testing. *Inhalation Toxicology* 15:1017-1027.
- Gossen JA, De Leeuw WJF, Tan CHT, Zwarthoff EC, Berends F, Lohman PHM, Knook DL, Vijg J (1989). Efficient rescue of integrated shuttle vectors from transgenic mice: a model for studying mutations in vivo. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 86:7971-7975.
- 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):262-75.
- Kohler SW, Provost GS, Fieck A, Kretz PL, Bullock WO, Putman DL, Sorge JA, Short JM (1991). Analysis of spontaneous and induced mutations in transgenic mice using a lambda ZAP/lacI shuttle vector. *Environ Mol Mutagen*, 18:316-321.
- Moolgavkar SH, Turim J, Brown RC. The power of the European Union protocol to test for carcinogenicity of inhaled fibers. *Regul Toxicol Pharmacol*. 2001 33(3):350-5.
- Rihn B, Coulais C, Kauffer E, Bottin M-C, Martin P, Yvon F, Vigneron JC, Binet S, Monhoven N, Steiblen G, Keith G (2000). Inhaled crocidolite mutagenicity in lung DNA. *Environ Health Perspect*, 108:341-346.



# ANNEXE 9

## Principales valeurs d'exposition professionnelles pour les fibres constituant les laines minérales



### REGULATIONS ON DUST AND MAN MADE VITREOUS FIBRES - October 2006

COUNTRY	CURRENT REGULATIONS	MINER. WOOL FIBRES	COMMENTS
AUSTRIA	Fine dust : 6 mg/m <sup>3</sup> (yearly average) 12 mg/m <sup>3</sup> (monthly average)	Fibres : 0,5F/ml	Fine dust is a synonym for alveolar dust (see Germany).
BELGIUM	Total dust : 10 mg/m <sup>3</sup>		
CZECH REPUBLIC	Total dust : 10 mg/m <sup>3</sup> Dust containing mineral fibres : 4 mg/m <sup>3</sup>	Respirable fibres : 1 F/ml	The fibre thickness must be less than 3 micrometers. The fibre length must be greater or equal to 5 micrometers. The rate (length: thickness) 3:1
DENMARK	Inert respirable dust : 5 mg/m <sup>3</sup> Total inert dust : 10mg/m <sup>3</sup>	Fibres : 1F/ml (8h TWA)	
ESTONIA	Total dust (inorganic) : 10 mg/m <sup>3</sup> Respirable dust : 5 mg/m <sup>3</sup>	Fibres, synthetic inorganic 1 F/ml	
FINLAND	Inert inorganic dust : 10mg/m <sup>3</sup>	No official limit value 1F/cm <sup>3</sup> This limit is used as reference.	
FRANCE	Total dust : 10mg/m <sup>3</sup>	Respirable fibres : 1F/ml	
GERMANY	Alveolar dust : 3mg/m <sup>3</sup> Inhalable dust : 10mg/m <sup>3</sup> (from 01.04.04) Non-classified fibre dust is included in both limit values	Fibres classified as 0,25F/ml Carcinogen Non-classified fibres: No independent Limit Value	Alveolar dust is that part of the dust which is deposited in the alveoles and in that region of the bronchioles where there is no mucociliary clearance.
HUNGARY	Total dust : 10mg/Nm <sup>3</sup> Respirable dust : 6mg/Nm <sup>3</sup> (Nm <sup>3</sup> – Normal cubic meter)	Glass, mineral, ceramic, plastic fibres : 1F/cm <sup>3</sup>	Limits come from 25/2000 Order of Health Minister. Stonewool haven't limits (by MSDS of RW goods).
GREECE	No information	No Information	
ICELAND	Total dust : 10mg/m <sup>3</sup>	Respirable fibres 1 fibre/cm <sup>3</sup>	Decision of Administration of occupational, Safety and Health confirmed by Ministry of Social Affairs (602/1999).
IRELAND	Inhalable dust : 5mg/m <sup>3</sup>	Airborne respirable fibres : 2F/ml Superfine fibres : 1F/ml	
ITALY	Total dust : 10mg/m <sup>3</sup> Respirable dust : 3mg/m <sup>3</sup>	Glass Fibres : 1F/ml Ceramic Fibres : 0,2F/ml	
LATVIA	Glass wool and glass fibres : 2 mg/m <sup>3</sup>		LVS 89:1998 N2054 (date 11.12.1998.)
LITHUANIA	Recommended limit : 5mg/ m <sup>3</sup>	Respirable fibres : 2mg / m <sup>3</sup>	Hygiene norm HN23-1993 for max. Concentrations of harmful material in the working area.
MALTA	Not available		



# ANNEXE 9 (suite)

<b>NETHERLANDS</b>	Respirable dust : 5mg/m <sup>3</sup> General dust : 10mg/m <sup>3</sup>	Respirable fibres : 2F /ml (8h TWA)	
<b>NORWAY</b>	Inert respirable dust : 5mg /m <sup>3</sup> Total inert dust : 10mg/m <sup>3</sup>	Fibres : 1F/ml	
<b>POLAND</b>	Respirable dust : 1mg/m <sup>3</sup> Total dust : 2mg/m <sup>3</sup>	Respirable Fibres : 1F/ml	
<b>PORTUGAL</b>	<i>Not available</i>		
<b>SLOVAK REPUBLIC</b>	Total dust : 10mg/m <sup>3</sup> Dust containing mineral fibres: 4 mg/m <sup>3</sup>	Respirable Fibres : 2F/ml	The fibre thickness must be less than 3 micrometers. The fibre length must be greater or equal to 5 micrometers. The rate (length: thickness) 3:1
<b>SLOVENIA</b>	<i>PLS REFER TO Joint Commission DOCUMENT</i>		
<b>SPAIN</b>	Total dust : 10mg/m <sup>3</sup> Respirable dust : 3mg/m <sup>3</sup>	Fibres classified as : 1F/ml Carcinogen	Non-classified fibres regulated as dust
<b>SWEDEN</b>	Respirable dust : 5mg/m <sup>3</sup> Total dust : 10mg/m <sup>3</sup>	Fibres : 1F/ml	
<b>SWITZERLAND</b>	Respirable dust : 10mg/m <sup>3</sup> Alveolic dust : 3mg/m <sup>3</sup>	Respirable fibres for high temp glass fibres : 0,5F/ml For all other fibres: 0.25/ml	The fibre length must be greater than 5 micrometers, The fibres diameter must be less than 3 micrometers, The rate (the length: diameter) at least 3:1
<b>TURKEY</b>	Dust level is <b>2 fiber/ml air</b> in working conditions (in glass wool and mineral wool production plants) according to Turkish regulation. There is not any grade for use conditions.	Not regulated	
<b>U.K.</b>	Respirable dust : 5mg/m <sup>3</sup> Total inhalable dust : 10mg/m <sup>3</sup>	Airborne fibres : 2F/ml Or gravimetric (total inhalable) dust : 5mg/m <sup>3</sup> Superfine fibres : 1F/ml	Total inhalable dust approximates to the fraction of airborne material which enters the nose and mouth during breathing and is therefore available for deposition in the respiratory tract. Respirable dust approximates to the fraction which penetrates to the gas exchange region of the lungs.
<b>E.U.</b>		DG Social Affairs : Regulations under discussion	
<b>USA</b>	Respirable dust : 5mg/m <sup>3</sup> Total nuisance dust : 10mg/m <sup>3</sup>	Fibres : 1F/ml	

# GLOSSAIRE

## **Agents inhibiteurs de poussières**

Durant les 30 dernières années, tous les producteurs de laine minérale ont incorporé à leurs produits des agents évitant l'émission de poussières. Il s'agit en général d'huiles minérales qui contribuent à lier les fibres entre elles et à réduire les quantités de poussières émises dans l'air. La présence de ces huiles réduit de façon substantielle les poussières relarguées lors de la manipulation des produits.

## **Alvéoles**

Petites poches respiratoires des poumons.

## **Amiante**

Groupe de minéraux naturels que l'on trouve sous forme de veines de fibres cristallines. Les gisements principaux se situent au Canada, en Russie et Afrique du Sud. La matière de base de l'amiante est un silicate cristallin complexe qui peut contenir du fer, du magnésium, du calcium, du sodium.... Il est possible de la broyer pour former des fibres dont le diamètre est fonction de l'importance du broyage.

En d'autres termes, les grosses fibres d'amiante sont susceptibles de se subdiviser longitudinalement jusqu'à former à l'extrême de fines fibrilles cristallines. Le diamètre moyen de ces dernières est bien inférieur à 1 micron et le plus souvent se situe entre 0,03 et 0,04 micron. Les formes principales d'amiante utilisées commercialement sont :

- les serpentines avec la chrysotile ou l'amiante blanc,
- les amphiboles avec la crocidolite ou l'amiante bleu, l'amosite ou amiante brun.

## **Asbestose**

Autre nom de la fibrose (cicatrice du poumon) due à l'exposition à l'amiante. Elle est accompagnée par une détérioration précoce de la fonction pulmonaire.

## **Biopersistance**

Étude à court terme réalisée après inhalation (IH) ou après injection intratrachéale (IT) chez l'animal (généralement le rat). On compte le nombre de fibres présentes dans les poumons à la fin de la période d'inhalation ou d'injection, puis à des périodes de plus en plus éloignées de cette fin d'inhalation ou de l'injection pour déterminer la demi-vie ( $T_{1/2}$ ).

## **Biosolubilité**

La biosolubilité (ou son opposé, la biopersistance) est un des paramètres clés qui détermine l'effet potentiel d'une fibre sur la santé. Elle a été reconnue comme telle par le CIRC dès 1998.

Des différences importantes de biosolubilité des fibres minérales artificielles ont été montrées *in vivo et in vitro*, et ce en fonction de la composition chimique des fibres. Les fibres les plus durables (biopersistantes) sont celles qui ont le plus de risques d'être plus dangereuses pour l'homme comparées à des fibres relativement plus biosolubles. Dans sa Monographie 81 (2002), le CIRC explique : « Le terme biopersistance dans son application à la présence de fibres dans le poumon avait été adopté en référence à la capacité des fibres à persister et à conserver leurs propriétés chimiques et physiques dans le temps à l'intérieur des poumons. La demi-vie de rétention d'une fibre, déterminée dans une étude *in vivo*, reflète sa biopersistance elle-même déterminée par l'élimination due à des processus physiologiques de dégagement tels que la translocation vers le larynx par les macrophages alvéolaires, dans l'interstitium, via le système lymphatique et la plèvre et à des processus physico-chimiques qui affectent la biodurabilité, tels que la dissolution, la lixiviation et la cassure ».

## **Cancer du poumon**

Tumeur maligne du poumon, le plus souvent associée avec une consommation tabagique élevée dont la survenue est fréquente chez les travailleurs de l'amiante.

## **Contrôle par gravimétrie**

Ce contrôle permet de mesurer la concentration en poussières de toutes natures présentes dans l'air que l'on est susceptible de respirer. Elle est exprimée en mg/m<sup>3</sup>. On la détermine en mesurant l'augmentation de poids de la membrane d'un filtre au travers duquel un volume connu d'air a été filtré, le plus souvent sur une période de quelques heures.

## **Demi-vie (T<sub>1/2</sub>)**

Temps nécessaire pour que la moitié de la quantité des fibres se trouvant initialement dans le poumon soit éliminée ou cassée en fibres de longueur < 5 µm. Les mécanismes de cette élimination sont complexes et pas encore totalement connus. Il est néanmoins admis qu'elle est la somme d'au moins trois phénomènes : la dissolution dans le liquide physiologique, la réduction de la longueur par casse sélective et l'élimination mécanique par les macrophages (les macrophages sont les organismes chargés dans notre corps de détruire les corps étrangers en les « digérant »).

## **Diamètre aérodynamique**

Diamètre d'une particule sphérique de densité égale à 1 g/cm<sup>3</sup> ayant la même vitesse de dépôt que la particule mesurée. Le diamètre aérodynamique permet de quantifier la dimension d'une particule aérienne. Pour les fibres, l'axe longitudinal ayant tendance à s'orienter parallèlement aux lignes de flux de l'air inspiré, le diamètre aérodynamique est en relation directe avec le diamètre de la section transversale de la fibre. Une approximation généralement admise pour les fibres minérales est : diamètre aérodynamique = 3 x diamètre nominal (Timbrell, 1965).

Compte tenu de la densité des fibres minérales et de leur forme, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) définit les fibres comme les particules ayant un ratio longueur/diamètre supérieur ou égal à 3 et les fibres respirables par l'homme comme celles ayant un diamètre inférieur à 3 µm et une longueur supérieure à 5 µm (chez le rat, les fibres respirables sont celles ayant un diamètre inférieur à 1 µm).

## **Diamètre de fibre**

Il correspond à « l'épaisseur » d'une fibre ; l'unité de mesure est le micromètre (µm). L'estimation du diamètre arithmétique moyen d'une fibre peut dépendre de la technique de mesure utilisée : si le diamètre moyen d'un échantillon de fibres minérales est mesuré à l'aide d'un microscope optique à grossissement de 500 X, on peut avoir un résultat différent sur le même échantillon en utilisant un microscope électronique à balayage avec un grossissement de 50 000 X.

La plupart des fibres entrant dans la composition des laines minérales pour l'isolation ont des diamètres moyens entre 3 et 5 µm, mais tous les produits ont une proportion de fibres dites respirables ; tous contiennent des fibres de l'ordre du micron de diamètre.

Les diamètres moyens des différents types de fibres varient comme ci-dessous :

- cheveux humains : environ 75 µm
- coton : 15 à 30 µm
- soie naturelle : 12 à 15 µm
- fibre de verre à filament continu : 4 à 25 µm
- produit d'isolation en laine de roche, de laitier de verre : 3 à 5 µm
- fibres céramiques : 2,5 à 4 µm
- fibres de verre pour l'aéronautique : 1,5 µm
- fibres de verre spéciales pour filtration : 0,2 à 1 µm
- une fibrille élémentaire d'amiante : 0,03 à 0,04 µm

À titre de comparaison :

- la longueur d'onde de la lumière visible est de 0,4 à 0,8 µm.
- la dimension d'une particule de fumée de cigarette est comprise entre 0,01 et 1 µm.

## **Diamètre nominal**

Diamètre réel mesuré au microscope optique à balayage ou au microscope électronique à balayage. Les fibres constituant les laines minérales ont des diamètres nominaux de quelques micromètres, généralement entre 1 et 6 µm.

## **Epidémiologie**

Les études épidémiologiques se font sur des populations importantes de personnes en comparant le taux de mortalité (décès) ou de morbidité (maladie) de cette population par rapport au taux d'une population témoin non exposée au polluant que l'on veut étudier.

## **Fibre**

Une fibre est une particule allongée dont le rapport longueur/diamètre (L/D) est égal ou supérieur à 3. Les grosses fibres sont celles dont le diamètre est supérieur à 5 µm. Les fibres fines sont celles dont le diamètre est inférieur à 2 µm.

Fibre dite «OMS» :

Fibre définie par l'Organisation Mondiale pour la Santé et dont les caractéristiques de longueur et de diamètre satisfont simultanément aux conditions suivantes :

- longueur (L) > 5 µm,
- diamètre (D) < 3 µm,
- rapport (L/D) > 3

Note : ces caractéristiques sont définies par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) comme correspondant à la fraction dite « alvéolaire » d'un aérosol. Il s'agit des fibres qui, du fait de leurs dimensions, sont capables de pénétrer dans les voies aériennes les plus profondes du poumon humain et se déposer dans les alvéoles pulmonaires, et par conséquent, peuvent représenter un risque toxique important.

## **Fibres céramiques réfractaires**

Fibres minérales produites à partir de matériaux réfractaires pour réaliser des isolants thermiques adaptés pour des températures trop élevées pour les autres types de laines minérales. Les fibres de céramiques sont produites depuis environ 1950. Leur diamètre moyen est généralement compris entre 2,5 et 4 µm.

## **Fibres de verre à filament continu ou fibres textiles**

Fibres minérales fabriquées à partir de verre fondu, le plus souvent des borosilicates, dont le diamètre moyen varie généralement de 4 à 25 µm et dont la longueur en production est théoriquement infinie. En fait, elle est réduite par découpe. Elles peuvent être fabriquées sous forme d'écheveaux pour tissage ou en nappe ou roving. Utilisées pour le renforcement des plastiques, du ciment, des caoutchoucs... ainsi que pour l'isolation électrique et la filtration.

## **Fibres de verre pour usages spéciaux**

Fibres minérales fines et très fines fabriquées à partir de verre fondu, en général des borosilicates, dont le diamètre moyen est inférieur à 1,5 µm. Utilisées pour l'isolation en aéronautique et la filtration. Dans ce dernier cas, le diamètre moyen peut être inférieur à 0,5 µm.

## **Fibres minérales**

Terme générique pour désigner les fibres inorganiques non métalliques manufacturées ou d'origine naturelle.

## **Fibres Minérales Artificielles (FMA)**

Fibres fabriquées par fusion à partir de verre, de roche ou d'autres minéraux ou de résidus de hauts fourneaux (laitier). Le terme couvre également les fibres d'oxydes métalliques comme les fibres céramiques. Dans ce contexte, les fibres de carbone, métalliques ou autres sont exclues.

Du fait de leur nature verrière, les fibres minérales artificielles ne peuvent pas être cassées longitudinalement, c'est-à-dire que le diamètre des fibres est défini une fois pour toute à la fabrication. Elles peuvent uniquement se rompre transversalement réduisant la longueur mais non le diamètre.

## **Fibres respirables**

Les fibres dont le diamètre est inférieur à une certaine valeur peuvent, lorsqu'elles sont inhalées, atteindre les poumons. En général, ceci s'applique aux fibres dont le diamètre est inférieur à 3 µm et dont la longueur est inférieure à 200 µm. Par opposition, celles dont le diamètre est supérieur à 3 µm et dont la longueur est supérieure à 200 µm sont dites non-respirables.

Pour les fibres minérales ou organiques, la pénétration et la déposition dans les voies aériennes sont conditionnées par deux paramètres physiques :

- le diamètre aérodynamique : grossièrement égal à 3 fois le diamètre nominal pour des fibres de longueur inférieure à 100 µm,
- la longueur des fibres. Ainsi, pour des fibres minérales naturelles (par exemple l'amiante) ou artificielles, les fibres ne sont respirables que lorsqu'elles ont un diamètre nominal inférieur à 3-3,5 microns (ce qui correspond à un diamètre aérodynamique de moins de 10 µm) et une longueur inférieure à 20 µm ou 30 µm.

## **Fibrose du poumon**

Cicatrice du poumon. Elle peut être associée avec une détérioration de la fonction pulmonaire.

### **In vitro**

Une expérience conduite en dehors de tout être vivant, le plus souvent dans des tubes à essais ou coupelle d'essai.

### **In vivo**

Une expérience conduite sur animaux vivants.

## **Inhalation (étude par)**

Étude réalisée le plus souvent avec des rats auxquels on fait inhaler des fibres à forte concentration (plusieurs centaines de fibres/ml) pendant une certaine période. En faisant un test sur une période longue (étude long terme), avec des inhalations répétées, on comptabilise le nombre de cas se déclarant.

## **Injection (étude par)**

Étude réalisée le plus souvent avec des rats auxquels on injecte des fibres soit dans la trachée (injection intratrachéale), soit dans la plèvre (injection intrapéritonéale). En faisant un test sur une période longue, avec des injections répétées, on comptabilise le nombre de cas se déclarant.

L'injection de fibres de compositions chimiques variées dans la plèvre et le péritoine a mis en évidence que la production de mésothéliome chez l'animal, suite à des expériences, est due principalement à la forme fibreuse et en particulier aux diamètres très fins, bien que la longueur ait également son importance. Des recherches récentes démontrent que des fibres d'amiante, dont le magnésium a été éliminé, ont un potentiel réduit de façon significative, lors d'injection dans la plèvre ; ce qui démontrerait que d'autres facteurs que ceux ayant trait à la seule forme fibreuse sont impliqués dans l'effet cancérigène des fibres d'amiante.

## **KDIS**

Coefficient de dissolution mesuré *in vitro*. Il est exprimé en  $\text{ng}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$  ( $1 \text{ ng} = 10^{-9} \text{ g}$ ).

## **Laine de laitier**

Laine minérale fabriquée à partir de laitier de haut fourneau. Utilisée en isolation thermique et acoustique ainsi qu'en protection incendie. Produite commercialement pour la première fois dans les années 1880, elle est produite mondialement en quantité importante depuis 1920. Le diamètre moyen des fibres est compris entre 3 et 5 µm.

## **Laine de roche**

Laine minérale fabriquée essentiellement à partir de roches ignées fondues telles que le basalte ou la diabase, utilisée en tant qu'isolation thermique et acoustique ainsi que pour la protection incendie, elle est produite commercialement dans de nombreux pays depuis 1920 en quantités importantes. Le diamètre moyen des fibres est compris entre 3 et 5 µm.

## **Laine de verre**

Laine minérale fabriquée à partir de verre fondu principalement des borosilicates, utilisée pour l'isolation thermique et acoustique ainsi que pour la protection incendie, elle est produite commercialement depuis les années 1930. Le diamètre moyen des fibres est compris entre 3 et 5 µm.



## **Laine minérale**

Terme générique utilisé communément pour désigner les fibres minérales amorphes de consistance laineuse constituées de verre, roche ou laitier, utilisées principalement pour l'isolation thermique et acoustique et la protection contre le feu. On utilise aussi le terme de « laine d'isolation ».

## **Macrophage**

Grande cellule dont la fonction première est d'encercler ou de digérer tout corps étranger, lequel est ensuite d'ordinaire évacué des profondeurs du poumon sous forme de mucus ou de mucosité. Ils sont donc des acteurs essentiels des mécanismes de défense très importants du poumon.

## **Mésothéliome**

Chez l'homme, il s'agit d'une tumeur rare de la plèvre ou du péritoine c'est-à-dire des tissus qui bordent respectivement la poitrine et les cavités abdominales. Dans la plupart des cas, il est reconnu que cette tumeur résulte de l'inhalation de fibres d'amiante (surtout de la crocidolite - amiante bleue). Cependant dans 15 % des cas, aucune cause professionnelle ne peut être invoquée.

## **Méthode de comptage des fibres**

Il existe plusieurs méthodes de comptage de fibres utilisant divers types de microscope. Elles sont définies dans des normes, généralement initialement définies pour le comptage des fibres d'amiante : OMS..., AFNOR..., VDI... On doit être conscient que le comptage par microscopie optique ne permet pas de déceler les fibres très fines. C'est pourquoi, un microscope électronique peut détecter plus de fibres conduisant à un nombre plus élevé.

Pour les produits isolants commercialisés à base de fibres de laine d'isolation, le comptage par microscopie électronique (ME) conduit à un nombre environ 1,4 fois supérieur à celui obtenu par microscopie optique (MO). Pour l'amiante par contre, la microscopie électronique (ME) conduit à une valeur de l'ordre de 100 fois supérieure à celle résultant d'une lecture MO ; ceci à cause de la faculté des fibres d'amiante à se subdiviser longitudinalement en fibres fines.

La microscopie électronique est davantage un outil de recherche qu'un outil communément répandu dans le contrôle industriel.

## **Micromètre (µm)**

La millionième partie du mètre.

$$1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m},$$

$$1\text{m} = 1\ 000\ 000 \mu\text{m}$$

## **Microscopie Électronique à Balayage (MEB)**

Un des moyens utilisés pour le comptage des fibres et l'estimation de leurs diamètres. L'échantillon monté sur un petit élément métallique est rendu conducteur par le dépôt d'une mince couche d'or ou d'argent de quelques Angström ( $1 \text{ \AA} = 10^{-12} \text{ m}$ ). Il est balayé par un faisceau d'électrons et les réflexions sur l'échantillon permettent la formation d'une image reçue sur un tube cathodique. Des grossissements allant jusqu'à 50 000 fois sont possibles, ce qui fait que des fibres de diamètre inférieur à  $0,1 \mu\text{m}$  peuvent être mesurées avec précision.

## **Microscopie Électronique en Transmission (MET)**

Un moyen, peu utilisé, pour le comptage et la mesure des diamètres de fibres. La microscopie électronique à balayage (MEB) est préférée par les chercheurs. L'échantillon est monté sur une grille et la réfraction d'un faisceau électronique incident permet la formation d'une image par le faisceau transmis.

## **Microscopie Optique (MO)**

Une technique utilisée pour le comptage des fibres et l'estimation de leurs diamètres utilisant un microscope à lumière conventionnelle. L'échantillon est monté sur une plaquette et observé par lumière transmise à contraste de phase, avec le plus souvent un grossissement de 400 à 500 fois. L'image est observée soit sur un binoculaire

possédant une graduation soit sur un écran où l'image est projetée. Avec cette technique, l'estimation du diamètre cesse d'être précise en dessous de 1 µm, ceci bien que les fibres dont le diamètre est inférieur à 0,5 µm peuvent être détectées et comptées.

## **Morbidité**

Une étude épidémiologique de morbidité a pour objectif de quantifier l'impact d'un paramètre (par exemple présence d'un polluant dans l'air respiré) sur l'état de santé des personnes.

## **Mortalité**

Une étude épidémiologique de mortalité a pour objectif de quantifier l'impact d'un paramètre (par exemple présence d'un polluant dans l'air respiré) sur le décès des personnes.

## **Plaques pleurales**

Larges disques de calcification de la plèvre (enveloppe des poumons), visibles aux rayons X.

## **Poussière inerte**

Une poussière est inerte quand elle ne provoque pas de fibrose.

## **SMR (rapport normalisé de mortalité)**

Le SMR (Standard Mortality Ratio) est le paramètre utilisé pour évaluer la mortalité d'une population exposée à une substance cancérigène, en comparaison avec une population non exposée. Il s'exprime sous forme d'un rapport : (nombre de décès constatés/nombre de décès prévus) x 100

Le nombre de décès prévus prend en compte les notions d'âge et de sexe et résulte de données soit locales soit nationales disponibles sous forme de tables statistiques par tranche d'âge.

## **Solubilité**

Mesurée par une étude *in vitro*, elle s'exprime en perte de masse par unité de surface et par unité de temps ( $\text{ng.cm}^{-2}.\text{h}^{-1}$ )

## **Trachée**

Tube respiratoire le plus important de la gorge.

## **Tumeur**

Excroissance. Le terme implique une évolution.

## **Valeur limite**

La valeur limite représente la concentration dans l'air d'un composé chimique que peut respirer une personne pendant un temps déterminé sans risque d'altération de sa santé, même si des modifications physiologiques réversibles sont parfois tolérées. Aucune atteinte organique ou fonctionnelle de caractère irréversible ou prolongée n'est raisonnablement prévisible à ce niveau d'exposition. La valeur est exprimée généralement en volume (ppm ou partie par million) ou en poids ( $\text{mg/m}^3$ ) (source INRS).

## **Valeurs Limites d'exposition à Court Terme (VLCT)**

Ce sont des valeurs mesurées sur une durée maximale de 15 minutes. Leur respect prévient les risques d'effets toxiques immédiats ou à court terme (source INRS).

## **Valeurs limites de Moyenne d'Exposition (VME)**

Ce sont des valeurs mesurées ou estimées sur la durée d'un poste de travail de 8 heures, elles sont destinées à protéger les travailleurs des effets à moyen ou long terme. La VME peut être dépassée sur de courtes périodes, à condition de ne pas dépasser la VLCT (si elle existe) (source INRS).



# ORGANISMES

## **ACERMI**

Association pour la Certification des Matériaux Isolants  
[www.acermi.com](http://www.acermi.com)

## **ANSES**

Agence Nationale de Sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'Environnement et du Travail  
[www.anses.fr](http://www.anses.fr)

## **BIT**

Bureau International du Travail (*ILO – Organisation Internationale du Travail*)  
[www.ilo.org/french](http://www.ilo.org/french)

## **CIRC**

Centre International de Recherche sur le Cancer  
[www.iarc.fr](http://www.iarc.fr)

## **EUCEB**

Organisme de certification indépendante de l'industrie des laines minérales (*European Certification Board for mineral wool products*)  
[www.euceb.org](http://www.euceb.org)

## **EURIMA**

Association professionnelle européenne à but non lucratif des producteurs de laines minérales pour l'isolation (*European Insulation Manufacturers Association*)  
[www.eurima.org](http://www.eurima.org)

## **INRS**

Institut National de Recherche et de Sécurité  
[www.inrs.fr](http://www.inrs.fr)

## **NAIMA**

Association nord américaine des producteurs d'isolants thermiques (*North American Insulation Manufacturers Association*)  
[www.naima.org](http://www.naima.org)

## **OMS**

Organisation Mondiale de la Santé  
[www.who.ch](http://www.who.ch)

## **OQAI**

Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur  
[www.oqai.fr](http://www.oqai.fr)



**Syndicat National des Fabricants d'Isolants  
en Laines Minérales Manufacturées**

*1, rue du Cardinal Mercier - 75009 Paris*  
*[www.filmm.fr](http://www.filmm.fr)*  
*[lainesminerales@wanadoo.fr](mailto:lainesminerales@wanadoo.fr)*