

LES FIBRES CÉRAMIQUES RÉFRACTAIRES

Démarche de prévention & moyens de protection

Myriam RICAUD

INRS
Département Expertise et Conseil Technique
Pôle Risques Chimiques



LES FIBRES INORGANIQUES

LES FIBRES NATURELLES	LES FIBRES SYNTHÉTIQUES	
<ul style="list-style-type: none"> -Amiante, -Wollastonite, -Sépolite, -Basalte, -Zéolite... 	Fibres siliceuses	Fibres non siliceuses
	Fibres minérales artificielles* (FMA) : <ul style="list-style-type: none"> -Fibres céramiques réfractaires, -Fibres de verre à usages spéciaux, -Laines minérales, -Filaments continus. 	<ul style="list-style-type: none"> -Carbone, -Alumine, -Polytitanate, -Whiskers (sulfate de magnésium, oxydes de tungstène)...
	Autres fibres siliceuses : <ul style="list-style-type: none"> -Mullite, -Silice... 	

*dénomination conventionnelle

Directive européenne n° 97/69/CE (arrêté du 28/08/98) :

« Fibres de silicates vitreuses artificielles à orientation aléatoire et dont le pourcentage pondéral d'oxydes alcalins et d'oxydes alcalino-terreux ($[\text{Na}_2\text{O}] + [\text{K}_2\text{O}] + [\text{CaO}] + [\text{MgO}] + [\text{BaO}]$) est inférieur à 18 % »

➔ ➔ Fibres de silicates d'aluminium commercialisées depuis les années 1950 et conçues pour des applications comprises entre 800° C et 1300° C.

LA FABRICATION

- ⊙ Élaboration par fusion à très haute température (1540 - 2090 °C):
 - d'une combinaison d'alumine et de silice en Europe,
 - d'un mélange de kaolinite (argile) en Asie et aux États-Unis.

- ⊙ Transformation de la masse vitreuse fondue en fibres par centrifugation ou par soufflage d'air.

- ⊙ Refroidissement rapide des fibres == caractère amorphe.

- ⊙ Composition chimique :
 - 47-54 % de silice,
 - 35-51 % d'alumine,
 - 0-17 % de zircone,
 - Autres oxydes (bore, titane...).

Quelques propriétés :

- Aspect blanc et cotonneux,
- Diamètre moyen de 1 à 3 μm ,
- Pas de fibrilles, cassure transversale,
- Résistance élevée à la température : 1260°C (1450°C si zircone),
- Faible conductivité thermique et faible capacité calorifique,
- Résistance chimique élevée aux acides,
- Bonne flexibilité et bonne aptitude au façonnage,
- Recristallisation à haute température, formation de cristobalite* et de mullite.



* silice cristalline inhalée sous forme de quartz ou de cristobalite de source professionnelle est classée cancérigène de catégorie 1 par le CIRC et fait l'objet d'un tableau de maladies professionnelles n°25.

- Principaux producteurs européens* : Unifrax* (Carborundum et Kerlane), Thermal Ceramics* (groupe Morgan Crucible), Rath, Kera-Union et Dyson → ECFIA ([European Ceramic Fibres Industry Association](#))

*Production a débuté en Europe au milieu des années 1960

*En France, 2 sites de production et 3 sites de transformation (~ 500 personnes)

- En 1997, la production européenne s'élevait approximativement à 42 000 tonnes par an, issue principalement des sites anglais et français.

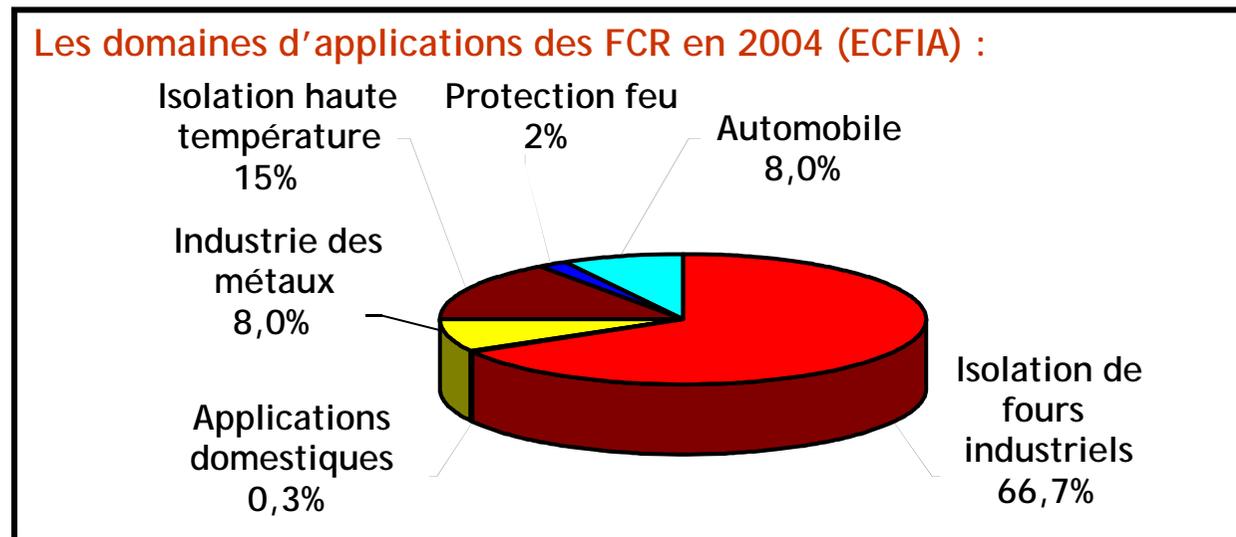
- En 2004, la production française avoisinait les 7 500 tonnes (21 500 tonnes par an jusqu'en 1990).

➔ Les FCR sont principalement produites en vrac ou sous forme de nappes aiguilletées (rouleaux).



LES UTILISATIONS

- Applications industrielles pour l'isolation thermique des fours industriels, de hautes fourneaux, de moules de fonderie, de tuyauteries, de câbles pour la fabrication de joints...
- Applications automobiles et aéronautiques,
- Applications dans la protection incendie.



➔ 2 200 tonnes utilisées en 2004 (~ 98-99 % pour des applications industrielles) sous forme de nappes, de feuilles, de panneaux, de tresses, de toiles, de feutres...

LES SECTEURS D'ACTIVITÉ

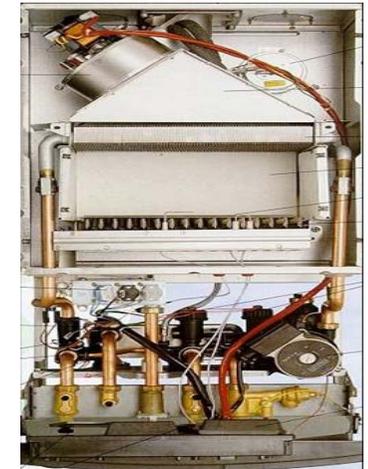
⊙ Applications industrielles :

Métaux ferreux et non ferreux, acier, verre, ciment, céramique, briques et tuiles, chimie, pétrochimie, aéronautique, ferroviaire, maritime, pétrolière, automobile, défense, construction, valorisation énergétique, etc.



Four industriel

Chaudière murale



⊙ Applications domestiques :

Énergie (appareils de chauffage type chaudières à condensation).

L'EXPOSITION PROFESSIONNELLE

- 15 000 à 20 000 salariés (Carex 1993),
- 104 000 salariés (enquête SUMER 2003),
- ≈ 10 000 salariés (étude de filière INRS 2006).

Exposition moyenne par catégorie de travaux (résultats CRAM-INRS 1996-2001)		
Travaux	Concentration atmosphérique moyenne (fibre/cm ³)	Résultats supérieurs à 0,1 fibre/cm³ (VME)
Fabrication	0,4	99,1 %
Manipulation en vrac	0,3	92,6 %
Assemblage	0,3	77,9 %
Pose	0,5	93,8 %
Dépose	1,3	91,5 %
Découpe	1,5	99,3 %

FIBREX : base de données INRS (2002-2008)

www.inrs.fr/htm/fibrex.html

Il y a 368 mesure(s) correspondante(s) dont 368 mesure(s) utilisable(s) statistiques

Fibre : Fibres céramiques réfractaires (FCR)
VLE : -
VME : -

Visualiser l'évolution des indicateurs statistiques
 Visualiser l'évolution du nombre de résultats par année

	Ambiance	Individuel	
Nombre de résultats	197	171	
Médiane (fibres/cm ³)	0,02	0,11	
Moyenne (fibres/cm ³)	0,07	0,39	
Mini (fibres/cm ³)	<0,01	<0,01	
Maxi (fibres/cm ³)	1,95	10,00	
Moyenne géométrique	0,02	0,09	
Percentile 95 (fibres/cm ³)	0,34	1,60	
Durée de prélèvement (en min)			
Moyenne	165	126	
Minimale	20	5	
Maximale	890	473	
% de résultats > VLEP	> VLE	- > VME	12,87

Rappel des critères de recherche :

Période : de 2002 à 2009

Secteur d'activités : Critère non renseigné
Métier : Critère non renseigné

Fonderie

Fibre : Fibres céramiques réfractaires (FCR)
VLE : -
VME : -

Visualiser l'évolution des indicateurs statistiques
 Visualiser l'évolution du nombre de résultats par année

	Ambiance	Individuel	
Nombre de résultats	42	29	
Médiane (fibres/cm ³)	0,02	0,12	
Moyenne (fibres/cm ³)	0,06	0,34	
Mini (fibres/cm ³)	<0,01	<0,01	
Maxi (fibres/cm ³)	0,51	4,70	
Moyenne géométrique	0,03	0,10	
Percentile 95 (fibres/cm ³)	0,27	1,60	
Durée de prélèvement (en min)			
Moyenne	161	168	
Minimale	80	23	
Maximale	284	473	
% de résultats > VLEP	> VLE	- > VME	6,90

Rappel des critères de recherche :

Période : de 2002 à 2009

Secteur d'activités : Critère non renseigné
Métier : Critère non renseigné
Poste de travail : B2 - FONDERIE

Maçon - fumiste

Fibre : Fibres céramiques réfractaires (FCR)
VLE : -
VME : -

Visualiser l'évolution des indicateurs statistiques
 Visualiser l'évolution du nombre de résultats par année

	Ambiance	Individuel	
Nombre de résultats	21	16	
Médiane (fibres/cm ³)	0,02	0,38	
Moyenne (fibres/cm ³)	0,08	1,65	
Mini (fibres/cm ³)	<0,01	0,01	
Maxi (fibres/cm ³)	0,45	10,00	
Moyenne géométrique	0,02	0,40	
Percentile 95 (fibres/cm ³)	0,38	10,00	
Durée de prélèvement (en min)			
Moyenne	141	46	
Minimale	28	13	
Maximale	343	71	
% de résultats > VLEP	> VLE	- > VME	43,75

Rappel des critères de recherche :

Période : de 2002 à 2009

Secteur d'activités : Critère non renseigné
Métier : 42114 - OUVRIER DE LA MAÇONNERIE
Poste de travail : Critère non renseigné

L'EXPOSITION PROFESSIONNELLE

- ❖ Par convention, les niveaux d'exposition professionnelle sont mesurés en utilisant une méthode normalisée (norme XP 43-269) par MOCP*.
- ❖ Ils sont exprimés en f/cm^3 et peuvent seuls être comparés à la valeur limite d'exposition professionnelle.
- ❖ Pour l'application de ces dispositions, seules sont prises en compte les fibres : $l > 5 \mu m$, $d < 3 \mu m$ et $l/L > 3$.
- ❖ La MOCP ne permet pas d'identifier les fibres et d'observer celles de diamètre inférieur à quelques dixièmes de micron ➔ MEBA* (norme ISO 14-966).

* MOCP : microscopie optique en contraste de phase.

* MEBA : microscopie électronique à balayage analytique.

LA RÉGLEMENTATION

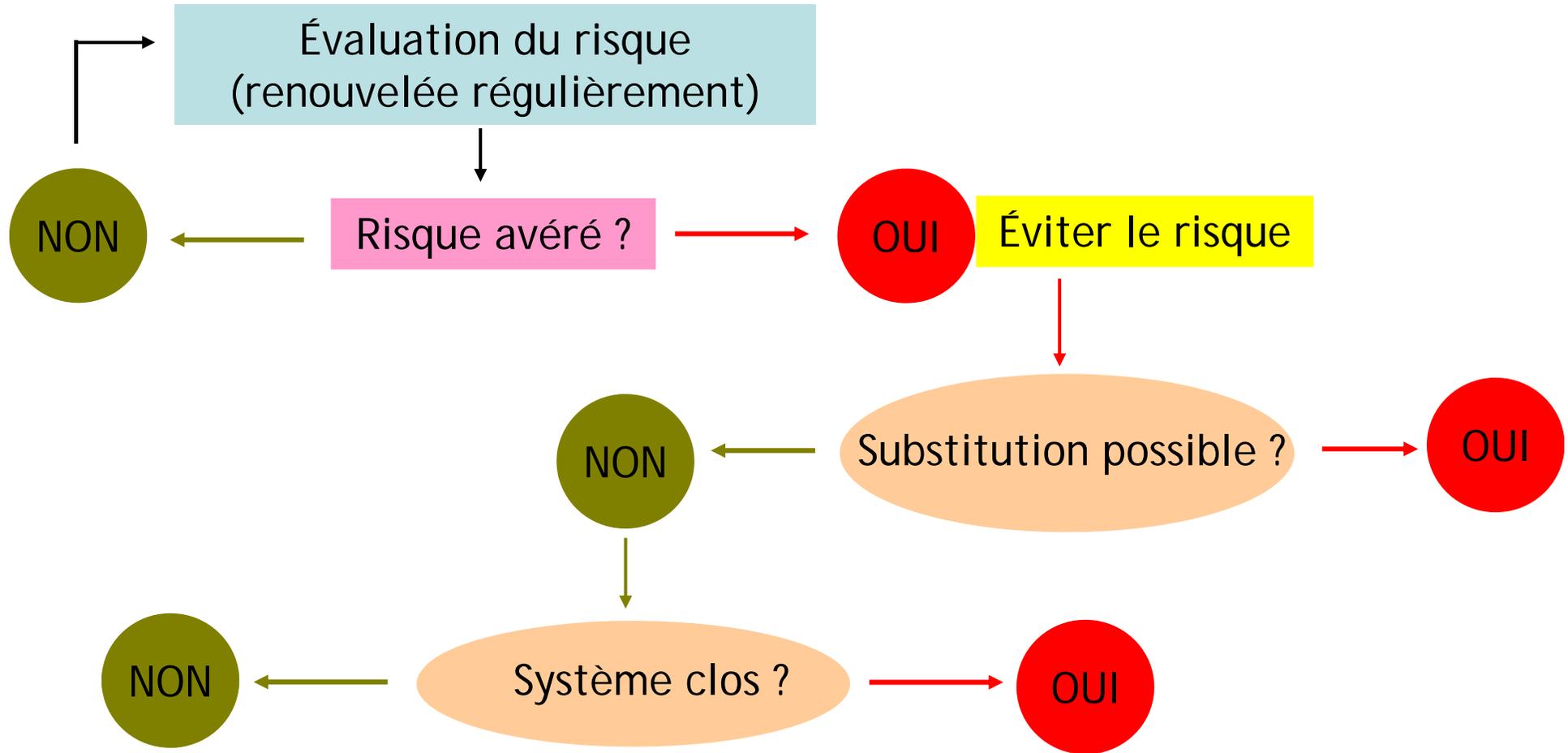
- Les fibres de silicates vitreuses artificielles à orientation aléatoire figurent dans la liste des substances dangereuses de la directive européenne 97/69/CE du 5 décembre 1997 transposée par l'arrêté du 28 Août 1998 et sa circulaire DRT 99/10 du 13 Août 1999.
- Les fibres céramiques réfractaires sont classées cancérogènes par l'Union Européenne (et par le CIRC, 2B).
- VME réglementaire contraignante pondérée sur 8 heures : 0,1 fibre/cm³.
- Réglementation CMR : articles R. 4412-59 à R 4412-93 du code du travail.
- Les FCR ont été identifiées comme substance préoccupante susceptible d'être ajoutée à la liste des substances candidates à l'autorisation (Annexe XIV du règlement REACH) :
http://echa.europa.eu/doc/press/pr_09_15_msc_svhc_20091207.pdf

LA RÉGLEMENTATION

	Systeme pré-existant	Nouveau système (règlement CLP)
Classification	Cancérogène catégorie 2	Cancérogène catégorie 1B
Étiquetage	 T- Toxique	 DANGER
Phrases de risque / Mentions de danger	R 49 Peut causer le cancer par inhalation	H 350i Peut provoquer le cancer par inhalation
Conseils de prudence	<p>S 53 Éviter l'exposition, se procurer des instructions spéciales avant utilisations,</p> <p>S 45 En cas d'accident ou de malaise, consulter immédiatement un médecin.</p>	<p>P 201 Se procurer les instructions avant utilisation,</p> <p>P 202 Ne pas manipuler avant d'avoir lu et compris toutes les précautions de sécurité,</p> <p>P 281 Utiliser l'équipement de protection individuel requis,</p> <p>P 308 + P 313 En cas d'exposition prouvée ou suspectée consulter un médecin,</p> <p>P405 Garder sous clef,</p> <p>P501 Éliminer le contenu/réceptacle dans...</p>

Classification et étiquetage des FCR et des préparations en contenant plus de 0,1 %

L'ÉVALUATION DU RISQUE



Réduction de l'exposition : mise en place de mesures organisationnelles et techniques

Contrôle régulier de la fiabilité du système

LA SUBSTITUTION

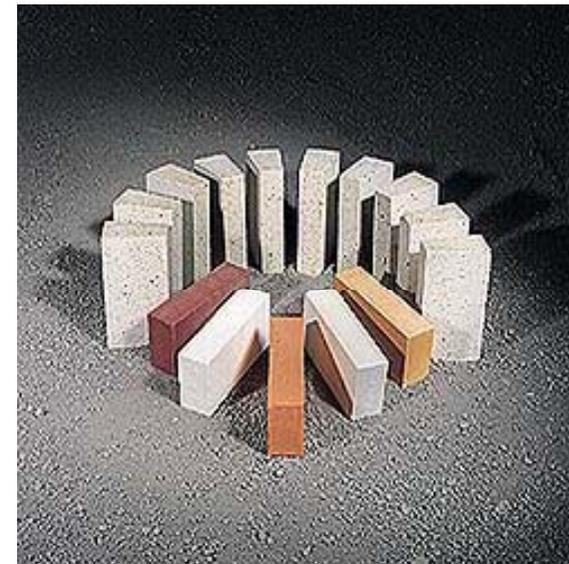
✱ Les FCR ne doivent être utilisées que dans des cas où elles sont techniquement indispensables.

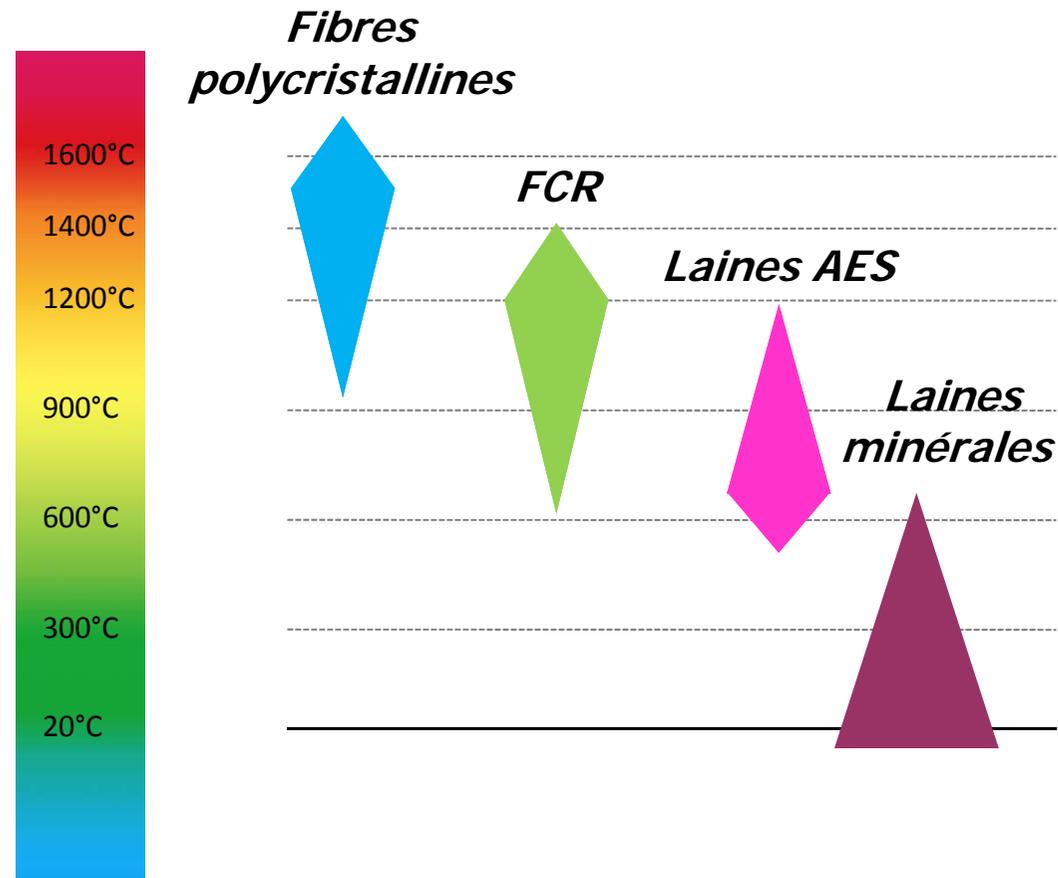
✱ Le critère de température est généralement prépondérant dans le choix d'un substitut aux FCR ainsi que la tenue mécanique et la résistance aux produits chimiques.

✱ Il existe sur le marché des alternatives aux FCR sous formes fibreuse et non fibreuse.



- ⊙ Les laines minérales d'isolation : laines de verre, de roche et de laitier ➔ entre 300 et 600°C;
- ⊙ Les laines d'isolation haute température : les laines AES (laines de silicate alcalino-terreux) et CMS (laines de silicate de calcium et de magnésium) ➔ entre 600 et 1100°C;
- ⊙ Les fibres polycristallines : fibres d'alumine, de mullite, d'alumine-bore-silice et de zirconne ➔ au delà de 1100°C (jusqu'à 1800°C);
- ⊙ Les fibres de wollastonite ➔ jusqu'à 1000°C;
- ⊙ Les fibres de silice ➔ jusqu'à 1000°C;
- ⊙ Les briques réfractaires isolantes et les bétons réfractaires isolants ➔ jusqu'à 1700-1800 °C;
- ⊙ La vermiculite ➔ jusqu'à 1100°C;
- ⊙ Le silicate de calcium ➔ jusqu'à 1100°C.





A ce jour il reste encore un certain nombre d'applications (plus de 50% en Europe, 30% en France) où la substitution n'est pas possible.

LA PROTECTION COLLECTIVE : LES CONSIGNES GÉNÉRALES

- Délimiter, signaler et restreindre l'accès des zones de travail,
- Travailler à l'humide lorsque le contexte le permet,
- Débaler les fibres au dernier moment et au plus près du lieu d'utilisation,
- Éviter l'utilisation de fibres en vrac,
- Stocker les éléments emballés.



LA PROTECTION COLLECTIVE : LES CONSIGNES GÉNÉRALES

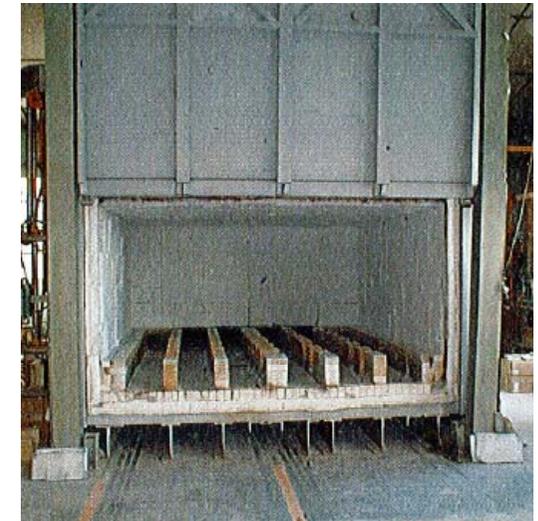
- o Éviter les découpes, en utilisant par exemple des éléments prêts à poser ou prédécoupés. Si les découpes sont nécessaires, les effectuer sur une table aspirante,
- o Proscrire les découpes avec des outils tournant à vitesse rapide,
- o Utiliser des outils manuels ou à vitesse lente (cutters, couteaux, etc.).
- o Si des outils à vitesse rapide doivent être utilisés, ils sont reliés à un aspirateur équipé de filtres THE.



LA PROTECTION COLLECTIVE : LE RETRAIT DE FCR

!!!! Silice cristalline !

- Isoler et calfeutrer la zone de travail,
- Confiner par pose de films en matière plastique autour de la porte,
- Mettre en place un confinement dynamique (extracteurs),
- Mettre en place une installation de décontamination,
- Humidifier, déposer, conditionner les déchets au fur et à mesure de l'avancement,
- Évacuer les déchets de la zone de travail,
- Nettoyer la zone de travail et les matériels à évacuer avec un aspirateur équipé de filtres THE,
- Restituer la zone,
- Porter une combinaison jetable,
- Porter un appareil de protection respiratoire à ventilation assistée TM3 P ou à adduction d'air.



LA PROTECTION COLLECTIVE : LA POSE DE FCR

- Mettre en place des méthodes similaires à celles du retrait, dans le cas d'intervention de pose dans des espaces confinés,
- Humidifier lorsque le contexte le permet,
- Utiliser des blocs emballés sur cinq faces,
- Installer un captage localisé pour les opérations répétitives.



LA PROTECTION COLLECTIVE : LE NETTOYAGE

- Maintenir en bon état de propreté la zone de travail avec un aspirateur équipé de filtres THE ou par un nettoyage à l'humide,
- Nettoyer les outils (couteaux, cutters, etc.) à l'eau,
- Proscrire l'utilisation de la soufflette à air comprimé et du balai,
- Respecter une hygiène stricte : ranger et laver les vêtements de travail séparément des autres vêtements, manger dans des lieux propres réservés à cet usage.



LA PROTECTION COLLECTIVE : LE TRAITEMENT DES DÉCHETS

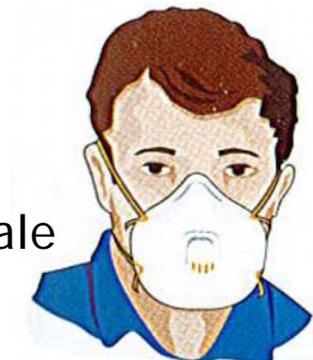
- Afin d'éviter la présence de débris ou déchets sur le sol, disposer des poubelles ou des conteneurs d'élimination étanches au plus près des zones de travail,
- Collecter les déchets (surplus, chutes, sacs d'aspirateurs, filtres, combinaisons, masques jetables...) dans des sacs spéciaux comportant la même étiquette que les emballages neufs,
- Envoyer les déchets dans une installation de stockage de déchets dangereux (classe 1).

LA PROTECTION INDIVIDUELLE : LA PROTECTION RESPIRATOIRE

→ Le port des équipements de protection individuelle est réservé aux situations où les mesures de protection collective sont insuffisantes.

- Choix de la protection en fonction :
 - de l'exposition potentielle
 - du temps de travail

Pièce faciale filtrante



Demi-masque



Masque complet

LA PROTECTION INDIVIDUELLE : LA PROTECTION RESPIRATOIRE

Type de masque	Durée du travail recommandée	Exposition potentielle
Pièce faciale filtrante FFP3	1 heure maximum	Jusqu'à 1 f/cm ³
Demi-masque à filtre P3	1 heure maximum	Jusqu'à 1 f/cm ³
Masque complet à filtre P3	1 heure maximum	Jusqu'à 3 f/cm ³
Cagoule à ventilation assistée TH3 P		Jusqu'à 4 f/cm ³
Masque complet à ventilation assistée TM3 P		Jusqu'à 6 f/cm ³
Appareil à adduction d'air		Jusqu'à 25 f/cm ³

LA PROTECTION INDIVIDUELLE : LA PROTECTION CUTANÉE

- Combinaison à capuche jetable étanche aux poussières de type 5 avec serrage au cou, aux poignets et aux chevilles et dépourvue de plis ou revers avec des poches à rabats,
- Couvres-chaussures,
- Gants étanches,
- Lunettes équipées de protections latérales.



EXEMPLE : LA PRÉPARATION D'UN SOUS-ENSEMBLE D'ISOLATION

- Déconditionner la nappe sur une table aspirante munie d'une aspiration frontale,
- Découper la nappe, avec un outil manuel (couteau ou cutter), sur la table ventilée,
- Enfermer les déchets au fur et à mesure de leur production dans une poubelle ventilée,
- Réaliser l'empilement des nappes et la mise sous pression sur la table ventilée,
- Emballer l'empilement dans un film plastique étanche,
- Nettoyer les outils à l'eau, nettoyer l'emballage et le poste de travail avec un aspirateur équipé de filtres THE.



EXEMPLE : RETRAIT DE FCR SUR UN COUVERCLE DE PRÉCHAUFFAGE DE POCHÉ DE COULÉE

- Fixer sous le couvercle une plaque de contreplaqué bien humidifiée,
- Décrocher le couvercle, le retourner au moyen d'un dispositif approprié puis le transporter à un poste de travail adapté à l'opération (type table aspirante),
- Retirer la plaque de contreplaqué et la laver,
- Humidifier par plusieurs applications d'eau successives les FCR,
- Retirer les FCR à l'aide d'un outil manuel (spatule ou truelle),
- Conditionner les déchets au fur et à mesure de leur production dans un sac renforcé étanche, ligaturé et étiqueté,
- Nettoyer les outils à l'eau, nettoyer le poste de travail avec un aspirateur équipé de filtres THE.



- Exposition professionnelle aux fibres céramiques réfractaires
Mesures de prévention lors de l'utilisation.

INRS, ND 2189, 2003

- Les fibres céramiques réfractaires

INRS, ED 109, 2003

- Les fibres minérales et organiques

INRS, Dossier Web, 2007

- En préparation, 2 guides de prévention INRS (1er semestre 2010)

- Isolation et protection thermique en milieu industriel
- Travaux d'entretien et de maintenance

- Les fibres minérales artificielles siliceuses

AFSSET, 2007