



Ministère de l'Industrie,
de la Poste et des
Télécommunications

Mémento roches et minéraux industriels

Amiante

Étude réalisée dans le cadre des actions de Service public du BRGM 96-G-185

septembre 1997
R 39406





Ministère de l'Industrie,
de la Poste et des
Télécommunications

Mémento roches et minéraux industriels

Amiante

Étude réalisée dans le cadre des actions de Service public du BRGM 96-G-185

septembre 1997
R 39406



Mots clés : Amiante, Chrysotile, Amphiboles, Serpentes, Gisements, Utilisations, Spécifications, Marchés, Fibres, Interdiction, Diagnostics, Prévention, Décontamination, Elimination.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

BRGM (1997) - Mémento roches et minéraux industriels - Amiante. Rap. BRGM R 39406, 65 p., 7 fig., 14 tabl.

© BRGM, 1997, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

L'amiante, terme très utilisé actuellement, regroupe en réalité une série de minéraux silicatés fibreux distincts, de la famille des amphiboles et des serpentines, présents à l'état naturel dans certaines roches métamorphiques.

Ces minéraux fibreux, connus et utilisés dès l'antiquité, possèdent des propriétés physiques et chimiques dont l'intérêt est indéniable du point de vue technique et économique. Cet intérêt est cependant relégué au second plan par le danger que présentent les poussières de fibres sur la santé humaine. En effet, l'inhalation répétée des fibres en suspension dans l'atmosphère au cours de l'extraction, du traitement, du transport et de l'utilisation industrielle de l'amiante, ainsi que l'exposition aux poussières de fibres libérées après leur mise en oeuvre, dans le bâtiment surtout, peuvent être à l'origine de diverses maladies pulmonaires dont certaines sont létales. Il est démontré que ces maladies, qui ont fait l'objet de nombreuses études épidémiologiques, peuvent toucher aussi bien les professionnels que les particuliers.

Le marché de l'amiante est donc très influencé par ces données, et l'on assiste dans les pays européens et nord-américains à une baisse importante, ou à un arrêt, de la production depuis que l'on a admis la nocivité des produits. L'utilisation de l'amiante est de fait interdite dans un nombre croissant de pays, et cette mesure est effective en France à partir du 1^{er} janvier 1997.

Sur le plan mondial, la situation est cependant sensiblement différente, car certains pays, en Asie, Europe de l'Est et en Amérique latine notamment, en font une utilisation importante, dans des produits comme l'amiante-ciment par exemple.

En France, après un siècle d'utilisation industrielle, les mesures prises et les traitements adoptés pour l'élimination, la neutralisation ou le remplacement de l'amiante, sont les suivants :

- diagnostic des lieux, publics ou privés, pouvant être soumis à un empoussièrement à l'amiante, et caractérisation des poussières prélevées ;
- prévention des risques d'exposition aux poussières d'amiante, décontamination des lieux, élimination, stockage, inertage ou traitement des produits à base d'amiante ;
- recherche de produits de substitution à l'amiante dans les composés où il était jusqu'à présent utilisé, parfois de manière exclusive, et reconversion des industries utilisant l'amiante dans leur production ;
- étude de la typologie des maladies liées à l'inhalation des poussières d'amiante, et l'évolution à terme de ces maladies dans la population (*thème hors mémento*).

La mise en oeuvre des dispositions réglementaires et la recherche de solutions techniques adaptées, avec leurs répercussions sur certaines activités humaines, représentent des enjeux économiques importants.

Cette étude a été réalisée dans le cadre des actions de Service public du BRGM financées par le ministère de l'Industrie.

Sommaire

1. Généralités et définitions du terme "amiante"	7
2. Géologie et gisements	9
2.1. Minéralogie	9
2.2. Genèse et types de gisements	10
2.2.1. Contexte ultrabasique serpentinisé	11
2.2.2. Contexte des calcaires dolomitiques serpentinisés	11
2.2.3. Contexte des roches silico-ferrugineuses rubanées	13
2.3. Gisements français	13
2.4. Principaux gisements mondiaux	14
2.5. Modes d'exploitations et de traitements, critères de sélection	14
2.5.1. Exploitations	14
2.5.2. Traitements	16
2.5.3. Critères de sélection	19
3. Propriétés physiques et chimiques	21
4. Secteurs d'utilisation et spécifications industrielles	23
4.1. Secteurs d'utilisation	23
4.1.1. Industrie textile	24
4.1.2. Garnitures de friction	25
4.1.3. Amiante-ciment	25
4.1.4. Papier d'amiante	26
4.1.5. Utilisation à l'état brut et autres secteurs d'utilisation	26
4.2. Spécifications industrielles	26
4.2.1. Spécifications générales	26
4.2.2. Rappel des normes françaises en vigueur jusqu'à fin 1996	27

5. Économie et marchés	31
5.1. Consommation française	31
5.2. Structure industrielle des sociétés utilisatrices d'amiante en France	32
5.3. Données sur la production mondiale	33
5.4. Principales sociétés productrices d'amiante dans le monde - Prix de vente	34
6. Situation en France liée à l'utilisation de l'amiante puis à son interdiction	37
6.1. Effets de l'amiante sur la santé humaine et législation	37
6.2. Mesures adoptées par les pays occidentaux	40
6.3. Diagnostics, préconisations et traitements	41
6.3.1. Mesure des taux d'empoussièrement à l'amiante	42
6.3.2. Caractérisation des matériaux	44
6.3.3. Prévention et décontamination	46
6.3.4. Elimination des produits contenant de l'amiante	48
6.4. Produits de substitution et reconversion des utilisateurs d'amiante	56
6.4.1. Produits de substitution	56
6.4.2. Reconversion des entreprises utilisant de l'amiante	58
Conclusion et perspectives	61
Références bibliographiques	63

Liste des figures

Fig. 1 - Localisation des gisements et indices d'amiante en France	12
Fig. 2 - Exploitation à ciel ouvert de Asbestos (Québec, Canada)	15
Fig. 3 - Chargement du minerai sur dumper (mine de Jeffrey, Canada)	15
Fig. 4 - Schéma de traitement du minerai dans une unité d'amiante au Canada	17
Fig. 5 - Variante du schéma de traitement pour la production de deux types de fibres (Canada)	18
Fig. 6 - Fibres d'amosite vues au microscope optique	45
Fig. 7 - Fibres d'amiante sur fibres organiques	46

Liste des tableaux

Tabl. 1 - Composition chimique d'échantillons de chrysotile et d'amphiboles asbestiformes	10
Tabl. 2 - Propriétés physiques et chimiques des fibres de minéraux asbestiformes (d'après Badollet, 1951)	21
Tabl. 3 - Propriétés physiques et chimiques des fibres de minéraux asbestiformes (d'après Badollet, 1951, suite).....	22
Tabl. 4 - Classification des fibres d'après "Québec Asbestos Mining Association"	29
Tabl. 5 - Classification des fibres - Colombie britannique.....	29
Tabl. 6 - Classification des fibres en ex-URSS (1972).....	29
Tabl. 7 - Classification des fibres de chrysotile - Afrique du Sud, Zimbabwe, Swaziland.....	30
Tabl. 8 - Importation et exportation d'amiante en France de 1989 à 1996	31
Tabl. 9 - Sociétés utilisant l'amiante dans leur production industrielle en France	32
Tabl. 10 - Production mondiale d'amiante de 1987 à 1995	33
Tabl. 11 - Prix des fibres d'amiante sur le marché international	35
Tabl. 12 - Etat des mesures de limitation et d'interdiction de l'amiante prises dans certains pays occidentaux	40
Tabl. 13 - Récapitulatif des produits de remplacement et des matériaux de substitution à l'amiante.....	58
Tabl. 14 - Sociétés concernées par l'industrie de l'amiante en France et solutions de remplacement envisagées.....	59

1. Généralités et définitions du terme "amiante"

L'amiante tire son nom du mot latin *amiantus*, d'origine grecque, qui signifie "incorruptible". Les grecs pour leur part l'avaient nommé *asbestos*, "incombustible", car une fois tissé, notamment pour les suaires, il ne se consumait pas lors de la crémation. Il était également connu d'autres peuples de l'antiquité, en Finlande par exemple, dans la confection de poteries datées de 4500 ans. En Egypte, il était tissé pour les suaires des pharaons, selon une technique qui, mêlant des fibres d'amiante aux fibres végétales, permettait, une fois l'ensemble brûlé, de ne conserver que l'amiante tissé. Cette technique de tissage est restée en usage jusqu'à nos jours.

Les anglophones ont conservé le mot grec *asbestos*. En français, la forme latine *amiante* prédomine, et le terme *asbeste* est peu employé, les minéraux asbestiformes étant désignés au sens large comme les formes fibreuses des amphiboles et des serpentines.

En réalité, le terme "amiante" regroupe plusieurs minéraux différents, de la famille des amphiboles et des serpentines, pour la plupart silicates de magnésium hydratés, sous leur forme fibreuse. Les principaux de ces minéraux sont :

- | | | |
|------------------------|---|---|
| - <i>actinolite</i> |) | |
| - <i>amosite</i> |) | |
| - <i>anthophyllite</i> |) | <i>groupe des amphiboles (plus de 30 minéraux)</i> |
| - <i>crocidolite</i> |) | |
| - <i>trémolite</i> |) | |
| | | |
| - <i>chrysotile</i> | | <i>groupe des serpentines (comprenant une dizaine de minéraux)</i> |

L'utilisation industrielle de l'amiante date maintenant d'un siècle, et les fibres utilisées, dans leur grande majorité celles de chrysotile, ont été incorporées dans de très nombreux produits manufacturés, mais aussi employées à l'état naturel, où elles sont plus faciles à identifier.

Pour mémoire, au sens de la législation, le terme "AMIANTE" désigne les silicates fibreux susmentionnés, ainsi que tout mélange fibreux contenant un ou plusieurs de ces silicates fibreux.

Tous ces minéraux fibreux, qui diffèrent par la nature et la proportion des cations qui entrent dans leur composition chimique, mais aussi par la forme et la longueur des fibres, sont reconnus comme potentiellement nocifs et dangereux pour la santé.

2. Géologie et gisements

2.1. MINÉRALOGIE

Les six principaux minéraux silicatés hydratés fibreux de la famille de l'amiante sont les suivants :

- <i>actinolite</i>	$\text{Ca}_2 (\text{Fe}, \text{Mg})_5 \text{Si}_8\text{O}_{22} (\text{OH})_2$	)	
- <i>amosite</i>	$\text{MgFe}_6 \text{Si}_8\text{O}_{22} (\text{OH})_2$	)	
- <i>anthophyllite</i>	$(\text{Fe}, \text{Mg})_7 \text{Si}_8\text{O}_{22} (\text{OH})_2$	)	<i>groupe des amphiboles</i>
- <i>crocidolite</i>	$\text{Na}_2\text{Fe}_5 \text{Si}_8\text{O}_{22} (\text{OH})_2$	)	
- <i>trémolite</i>	$\text{Ca}_2\text{Mg}_5 \text{Si}_8\text{O}_{22} (\text{OH})_2$	)	
- <i>chrysotile</i>	$\text{Mg}_3 \text{Si}_2\text{O}_5 (\text{OH})_4$	)	<i>groupe des serpentines</i>

Le chrysotile est la forme asbestiforme la plus répandue (avec l'antigorite sa variante ferro-magnésienne) des minéraux de la famille des serpentines, qui en comporte sept au total. L'actinolite, l'amosite (ou amiante brune, acronyme pour Asbestos Mines of South Africa), l'anthophyllite, la crocidolite (amiante bleue) et la trémolite sont les formes asbestiformes respectives des mêmes espèces minérales que sont l'actinote, la cummingtonite-grunérite, les magnésio et ferroanthophyllite, la riebeckite et la trémolite. Il existe au total plus de 30 variétés d'amphiboles fibreuses, dont la plupart n'ont pas été exploitées.

Les compositions chimiques indiquées ci-dessus sont théoriques, car les cations Mg, Fe, Na et Ca (et Al pour les variétés alumineuses) sont facilement substituables les uns par les autres. Les variations observées à l'intérieur des gisements tiennent aux différenciations chimiques qui ont eu lieu lors de leur formation, et celles entre les différents gisements au contexte géologique dans lequel ils sont placés. Les compositions chimiques de chrysotiles d'origine diverses, ainsi que des principales amphiboles asbestiformes sont indiquées dans le tableau 1.

Les fibres de chrysotile à l'état naturel sont souvent longues, parallèles les unes aux autres et regroupées en amas de section hexagonale. Leur structure individuelle est tubulaire, avec une section d'un diamètre de 180 à 300 Å, d'où une surface spécifique très importante, allant de 13 à 18 m²/g. Les fibres des minéraux de la famille des amphiboles sont généralement longues de plusieurs centimètres, mais de section plus large, avec des surfaces spécifiques de 2 à 8 m²/g.

Les fibres en paquets, aussi bien celles de chrysotile que d'amphiboles, se séparent facilement en brins très fins d'aspect cotonneux, de longueurs variables, dont une partie peut être tissée, tressée et découpée comme les fils organiques, naturels ou synthétiques.

	Chrysotile (Canada)	Chrysotile (ex-URSS)	Amosite	Actinolite	Anthophyllite	Crocidolite	Trémolite
SiO ₂	38,75	39,00	49,70	53,80	57,20	50,90	55,10
Al ₂ O ₃	3,09	4,66	0,40	1,20			1,14
Fe ₂ O ₃	1,59	0,54	0,03	1,90	0,13	16,85	0,32
FeO	2,03	1,53	39,70	25,30	10,12	20,50	2,00
MnO	0,08	0,11	0,22	0,40	29,21	0,05	0,10
MgO	39,78	38,22	6,44	4,30	1,02	1,06	25,65
CaO	0,89	2,03	1,04	10,20		1,45	11,45
K ₂ O	0,18	0,07	0,63	0,40		0,20	0,29
Na ₂ O	0,10	0,07	0,09	0,10	2,18	6,20	0,14
H ₂ O	12,82	12,07	1,92	2,60	0,28	2,57	3,68
CO ₂	0,48	1,83	0,09	0,20		0,20	0,06

Tabl. 1 - Composition chimique d'échantillons de chrysotile et d'amphiboles asbestiformes (d'après : Asbestos and other fibrous materials, 1988).

2.2. GENESE ET TYPES DE GISEMENTS

Les gisements d'amiante se sont généralement formés lors des grandes orogénèses dans des contextes tectoniques cassants de type cisaillements ou failles. La formation des minéraux asbestiformes est donc le résultat du métamorphisme.

La quasi-totalité (98 %) des gisements est située dans un contexte de roches ultrabasiques, le reste se trouve dans des formations de calcaires dolomitiques serpentinisés ou de roches silico-ferrugineuses métamorphisées.

Les péridotites serpentinisées, dans lesquelles se forment les fibres de chrysotile, constituent la plupart des gisements économiques connus dans le monde. Les gisements d'anthophyllite, de trémolite, d'actinolite et d'amosite-crocidolite, peu nombreux, se rencontrent dans des contextes pétrographiques différents de celui du chrysotile. Ils sont toujours de type métamorphique, argilites silicifiées ou quartzites ferrugineuses pour l'amosite-crocidolite, roches ultrabasiques très métamorphisées pour l'anthophyllite et la trémolite, et représentent environ 2 % de la production mondiale.

Dans ces gisements, les minéraux asbestiformes se trouvent dans des réseaux de filons étroits, les fibres étant soit perpendiculaires aux épontes, soit allongées parallèlement, ou encore en masse d'orientations variées, généralement radiaires.

L'âge des gisements d'amiante va du Précambrien ancien (Afrique du Sud, Zimbabwe, Swaziland) au Jurassique supérieur (Californie). Les grands gisements du Canada sont d'âge précambrien à paléozoïque moyen, et ceux de l'ex-URSS vont du Précambrien ancien au Trias.

2.2.1. Contexte ultrabasique serpentinisé

Concernant le *chrysotile*, on distingue quatre types principaux de gisements.

Le **type 1** appartient aux complexes ophiolitiques peu déformés, tels ceux d'Amiandos (Chypre) et de Hatay (Turquie), tandis que le **type 2** au contraire est lié aux complexes ophiolitiques très tectonisés en zones d'orogénèse, présents en Italie (Balangero), au Maroc (Bou Azzer), en Corse (Canari), en Yougoslavie, Turquie... Ces gisements sont petits et actuellement peu exploités, ne représentant que moins de 1 % de la production mondiale.

Le **type 3** correspond aux zones cratonisées dans lesquelles les déformations ultérieures ont provoqué la formation d'amiante, comme c'est le cas au Brésil (corps ultrabasique intrusif dans des gneiss précambriens, Etat de Goiás), en Australie (complexe péridotite-dunite intrusif dans des sédiments paléozoïques en Nouvelle Galles du sud)...

Le **type 4** se trouve dans les sills ultrabasiques mis en place dans les complexes volcano-sédimentaires des zones orogéniques, où le *chrysotile* se présente dans un réseau filonien de type sill ou dyke, avec les fibres perpendiculaires aux épontes, mises en place lors d'une phase de décompression. Il correspond aux grands gisements canadiens, russes, australiens, brésiliens...

L'*anthophyllite* asbestiforme est rare. Les gisements les plus connus en contexte de roches ultrabasiques serpentinisées sont situés en Finlande, à Paakkila et Kuusjarvi dans l'est du pays. Ils forment des lentilles d'amphibolite serpentinisée de petites dimensions (quelques dizaines de mètres) dans des gneiss à biotite contenant des granites intrusifs.

La *trémolite* asbestiforme existe et a été produite en Italie, dans un contexte voisin de celui des gisements de *chrysotile*.

2.2.2. Contexte des formations calcaires dolomitiques serpentinisées

Les gisements de *chrysotile* présents dans les calcaires dolomitiques serpentinisés, assez nombreux mais de taille réduite, se trouvent au Canada (Greenville), aux USA (Arizona, où la serpentinitisation s'est produite lors d'une intrusion de sills de diabase), au Kazakhstan (Aspagash) et en Afrique du Sud (Transvaal).

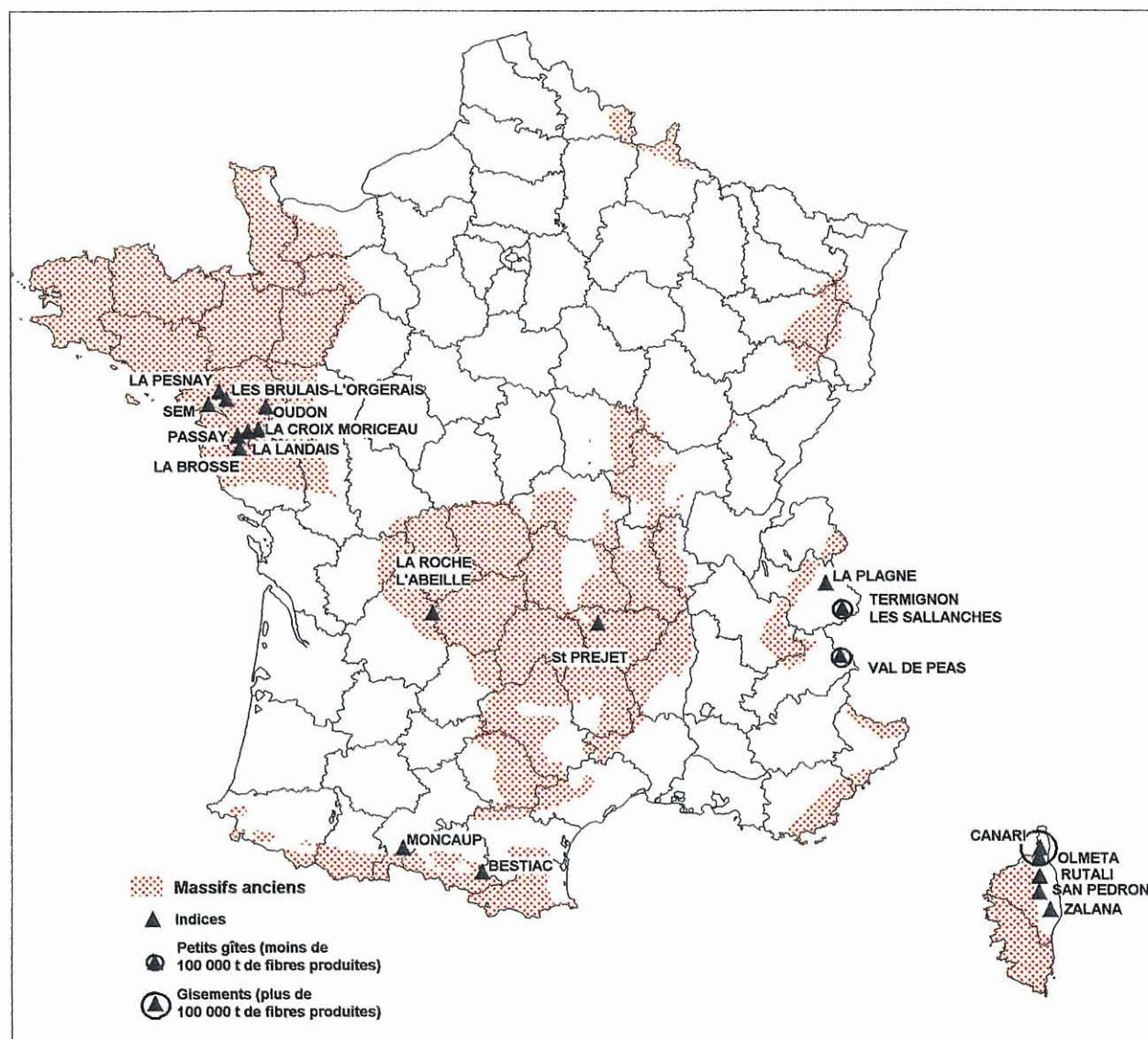


Fig. 1 - Localisation des gisements et indices d'amiante en France (BRGM 1978).

Dans ce type de gisements, qui ne représente que moins de 1 % de la production mondiale, les fibres sont de haute qualité, sans magnétite associée comme c'est le cas dans les gisements en contexte ultrabasique.

2.2.3. Contexte des roches silico-ferrugineuses rubanées

Les gisements d'*amosite* et de *crocidolite* sont présents dans un contexte de quartzites ferrugineuses rubanées ou d'argilites siliceuses ferrugineuses, résultant de la transformation d'amphiboles ferrières. On les trouve en Bolivie, Inde, Australie et en Afrique du Sud :

- l'*amosite* au Transvaal, dans des minerais de fer (ironstone) rubanés intrudés de sills de dolérite,
- la *crocidolite* dans la province du Cap, associée parfois à l'*amosite* ("doublet"), comme c'est également le cas en Inde (Mysore). Ces gisements ne représentent que 1 % des réserves mondiales.

2.3. GISEMENTS FRANCAIS

Il existe d'assez nombreuses occurrences de minéraux de la famille de l'amiante en France, mais elles sont en général de taille réduite et avec des teneurs faibles (fig. 1). Les plus importantes, modestes par rapport aux gisements de classe mondiale, se situent dans les Alpes et en Corse, où certains gîtes ont été exploités (Canari en Haute-Corse, Termignon en Haute-Maurienne, Val-de-Péas dans les Hautes-Alpes). L'exploitation de ces gisements était difficile du fait de leur petite taille et des faibles teneurs, et leur intérêt économique était limité. Ils ont fermé entre 1964 (Canari) et 1977 (Termignon).

Les gisements et indices français appartiennent aux contextes géologiques suivants :

- serpentinites des massifs anciens (à fibres transverses courtes) :
 - . Massif armoricain (Passay, La Landais, La Brosse, La Croix Moriceau, Oudon, Les Brulais-L'orgerais, La Pesnay, Peumerit, tous situés en *Loire-Atlantique*) ;
 - . Massif Central (petits indices : St-Préjet - *Haute-Loire*, Laroche-L'abeille - *Haute-Vienne*) ;
- serpentinites des massifs ophiolitiques des nappes des schistes lustrés, à fibres couchées dominantes (Alpes, Corse) :
 - . Alpes, où ils se trouvent dans divers secteurs (La Plagne-Mont Jovet, Pont-du-Villard, Termignon-les-Sallanches -*Savoie*, Val-de-Péas - *Hautes-Alpes*),
 - . Corse (Canari, le plus important gisement français exploité à ciel-ouvert jusqu'en 1965, Olmeta, Rutali, Monte San Pedrone, Zalana) ;

- lherzolites pyrénéennes (indices : Moncaup - *Haute-Garonne*, Bestiac - *Ariège*).

Le site de l'ancienne exploitation de Canari en Haute-Corse a fait l'objet d'une étude récente, préconisant les moyens à mettre en oeuvre pour sa réhabilitation (Berton P., 1996).

2.4. PRINCIPAUX GISEMENTS MONDIAUX

Les principaux gisements mondiaux sont situés dans la Fédération de Russie (Oural et Sibérie), au Canada (Québec), au Kazakhstan, en Afrique australe (Afrique du Sud, Zimbabwe), en Chine et en Amérique du Sud (Brésil, Colombie). Les gisements européens, dont certains sont de taille relativement importante (Italie), ne sont plus exploités de façon significative qu'en Grèce.

Il existe dans la bibliographie de nombreuses descriptions géologiques des principaux gisements mondiaux, dont les réserves de base sont d'environ 140 Mt. Les ressources identifiées se montent à 200 Mt, et les ressources possibles à 45 Mt.

2.5. MODES D'EXPLOITATION ET DE TRAITEMENTS CRITÈRES DE SÉLECTION

2.5.1. Exploitations

L'amiante peut être exploité en galeries souterraines ou en découvertes selon les conditions économiques, environnementales et les caractéristiques morphologiques du gisement. C'est surtout au Canada, où les premières exploitations importantes ont été ouvertes à la fin du siècle dernier, que les méthodes d'extraction ont été mises au point et évoluent continuellement. Au début, l'extraction se faisait à main d'hommes dans des puits et de petites découvertes. Dans les années 40-50, c'étaient les exploitations souterraines qui prévalaient, avant d'être supplantées par les exploitations à ciel ouvert très mécanisées.

Les exploitations **à ciel ouvert** sont actuellement les plus pratiquées dans le monde (Canada, USA, Grèce, Russie...), car les caractéristiques de gisement, telles que la nature, l'épaisseur et la géométrie des différents niveaux minéralisés, sont compatibles avec les méthodes et les technologies modernes. Le taux de découverte T/C peut atteindre 3 au maximum. Ces exploitations, qui offrent des avantages sur le plan de la récupération, du contrôle des teneurs et de la sécurité, sont généralement de taille importante, et les fosses de grandes dimensions (fig. 2).

L'abattage se fait par découpage de blocs à l'explosif, de manière sélective (utilisation de nouveaux agents explosifs adaptés), afin de ne pas endommager les fibres. Au Canada, le matériau est chargé par des pelleteuses de grande capacité dans des camions pouvant transporter jusqu'à 200 t de charge jusqu'au centre de broyage (fig. 3).



Fig. 2 - Exploitation à ciel ouvert de Asbestos (Québec, Canada). Vue aérienne.

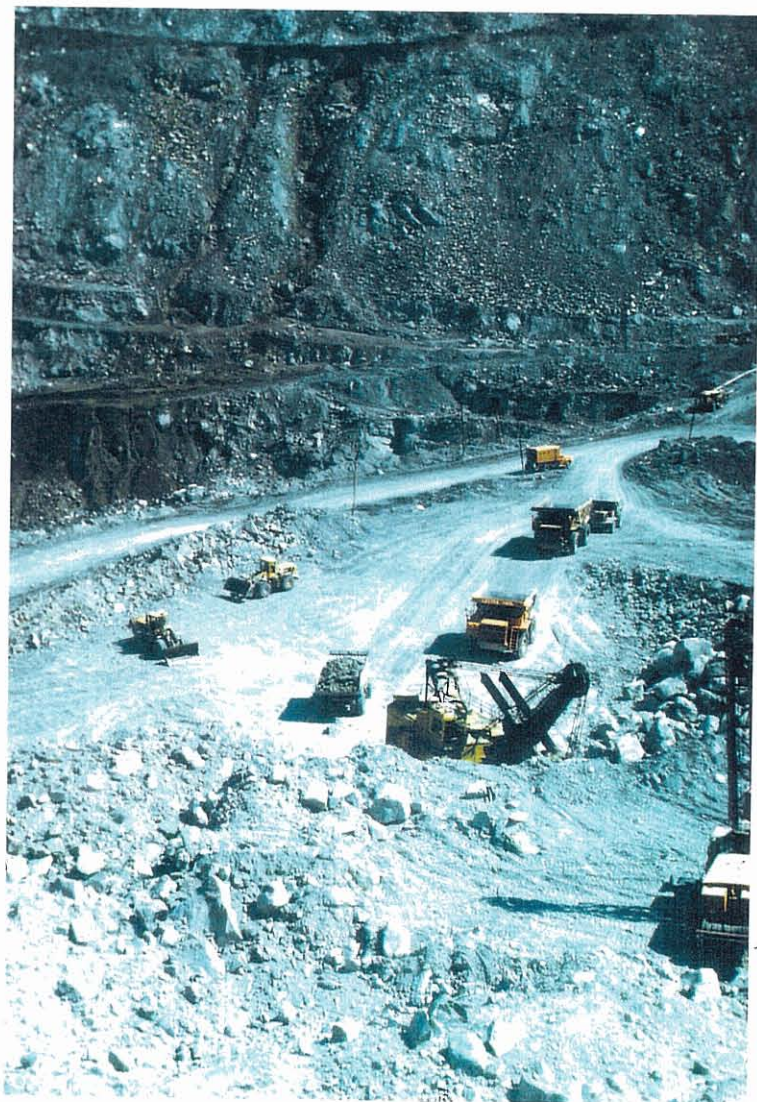


Fig. 3 - Chargement du minerai sur dumper (Mine de Jeffrey, Canada).

Les exploitations **souterraines** sont moins nombreuses, mais se pratiquent dans un certain nombre de pays (Afrique du Sud, Inde ...) quand les couches minéralisées, peu épaisses, sont stratiformes et ont un pendage important. Elles concernent plus spécifiquement les variétés telles que l'amosite, la crocidolite, la trémolite et l'anthophyllite, et sont souvent relativement artisanales.

Dans de rares cas, comme à Jeffrey Mine au Québec, une partie du gisement de chrysotile est exploitée à ciel ouvert, l'autre partie en mine souterraine.

2.5.2. Traitements

Le traitement du minerai consiste principalement à broyer la roche et à séparer les fibres de la fraction stérile, selon un procédé à sec, presque exclusivement utilisé depuis près d'un siècle au Canada. Cependant, le mode de broyage est adapté aux caractéristiques des minerais.

Les améliorations récemment apportées concernent les méthodes de maniement, d'ensachage, de chargement, de transport et de stockage, afin que les producteurs et les utilisateurs soient le plus possible à l'abri des poussières de fibres d'amiante. La tendance est à une mécanisation à 100 % de toutes ces opérations.

Les différentes étapes du traitement sont représentées sur les figures suivantes (fig. 4 et 5), et interviennent après un concassage primaire (concasseurs à mâchoires ou giratoire) en station souterraine ou de surface selon le type de mine :

- concentration du minerai, avec élimination d'une fraction stérile pouvant atteindre 40 %, après fracturation par impact et criblage dans les circuits de broyage primaire et secondaire (dans certains cas, enrichissement du minerai par méthode magnétique) ;
- séchage du minerai de préférence dans des séchoirs verticaux à lit fluidisé, qui endommagent moins les fibres, avec séparation de la fraction < 38 mm, la plus humide, et de la fraction 38-178 mm qui est rebroyée; l'air chaud produit par combustion de fuel ou de charbon doit être régulé et sa vitesse contrôlée, afin que les touffes de fibres ne soient pas endommagées par la chaleur, et pour cela il est introduit à la fois à la base et au sommet du séchoir.

L'air qui sort des séchoirs est filtré car il contient une proportion importante de poussières. Il faut disposer ensuite d'une capacité de stockage importante pour entreposer le minerai entre les phases de séchage et de broyage. Cette dernière se fait de la façon suivante :

- libération et séparation des fibres de leur gangue par étapes successives de broyage ou de réduction en fragments par impactage (fig. 4), les broyeurs à impact étant conçus pour libérer les fibres de la gangue tout en ne produisant qu'un minimum de fines ;
- mise en suspension et aspiration aérienne des fibres par aspirateurs rotatifs, après tamisage pour éviter d'entraîner les fines, la gangue étant rejetée pour une autre phase de concassage.

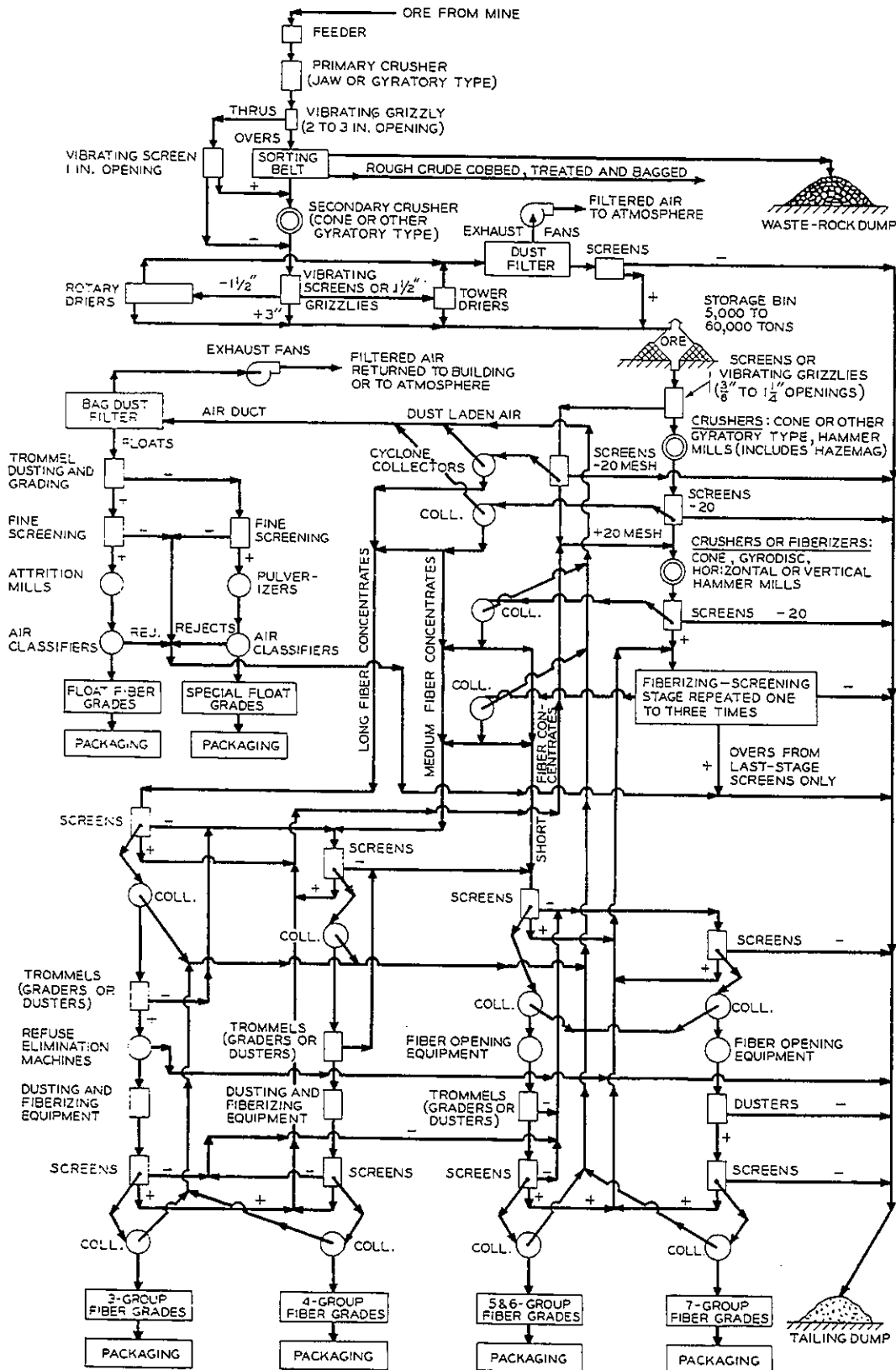


Fig. 4 - Schéma de traitement du minerai dans une unité d'amiante au Canada (d'après Industrial Minerals and Rocks, 1994).

INDUSTRIAL MINERALS AND ROCKS

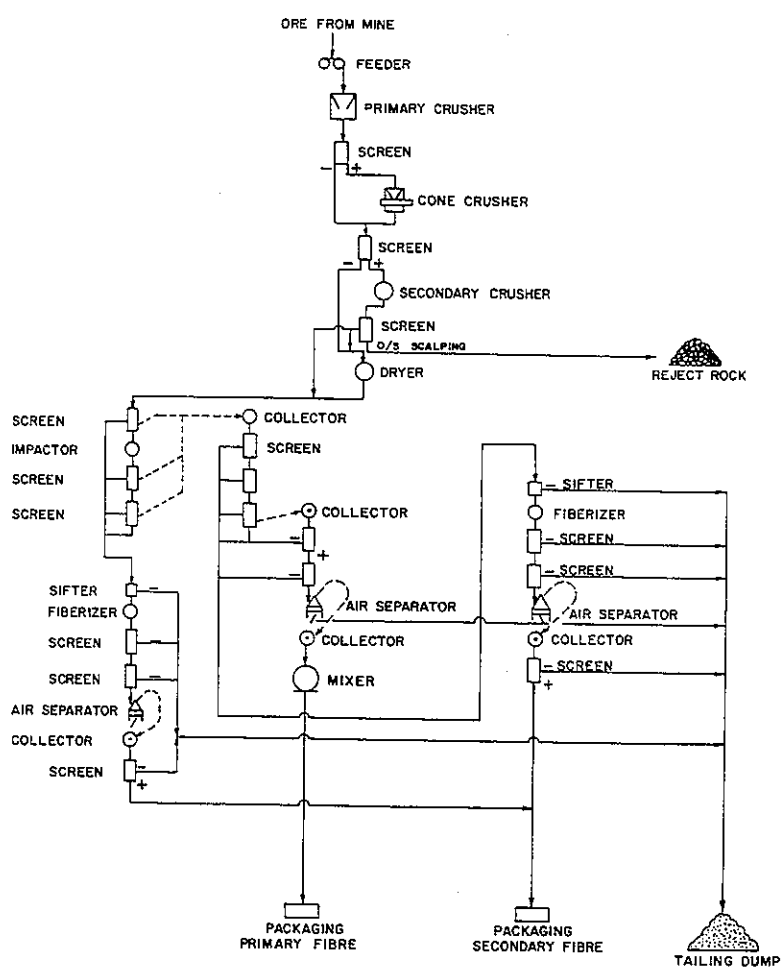


Fig. 5 - Variante du schéma de traitement pour la production de deux types de fibres (d'après Industrial Minerals and Rocks, 1994).

Le matériel obtenu après ces premières étapes de séparation n'est qu'un concentré, car il contient encore une fraction importante de stérile, et il doit être de nouveau retraité. Il subit alors une série d'opérations par tamisage, trommels et séparateurs spécifiques par gravité, pour éliminer les fractions sableuses et poussiéreuses et pour séparer les fibres par grade et qualité. Un traitement supplémentaire par d'autres types de broyeurs (à marteaux, à disques...) peut être apporté aux fibres courtes.

Les produits obtenus sont généralement conditionnés en sacs plastiques de 50 kg tissés et scellés, destinés aussi bien aux marchés internes qu'à l'exportation.

Dans les centres de broyage, un grand volume d'air est utilisé, pour séparer les fibres de la roche et des poussières par aspiration, mais aussi pour abaisser au maximum le taux de poussière dans les locaux. Dans une unité traitant 5000 t de minerai par jour, il est consommé entre 200 et 400 m³ d'air par seconde, soit 7 à 14 t d'air par tonne de minerai traité. L'air relâché doit être filtré dans des installations annexes.

2.5.3. Critères de sélection

La sélection d'un gisement se fait après une phase de reconnaissance d'indices de surface, comme par exemple par la caractérisation du fer libéré, sous forme de magnétite cristallisée, aux épontes des filons lors de la formation des minéraux asbestiformes dans les roches ultrabasiques. Dans ce cas, c'est donc la prospection magnétique au sol qui est utilisée pour localiser un gisement, selon une maille carrée ou rectangulaire comprise entre 30 et 120 m.

Cette phase géophysique est complétée par des travaux de sondages et de tranchées, afin d'obtenir des échantillons représentatifs, car les minéraux asbestiformes ne sont que des formes fibreuses particulières des minéraux silicatés de métamorphisme auxquels ils correspondent, qui sont développés dans la roche encaissante. L'évaluation des teneurs en fibres est faite d'abord visuellement, puis en laboratoire, surtout pour les variétés dont les fibres sont allongées dans les plans de fracture.

L'extraction mécanique des fibres, criblées puis tamisées, permet de déterminer les pourcentages des diverses catégories.

Les critères de sélection d'un gisement d'amiante sur le plan économique ne sont pas déterminés, dans la mesure où les situations dépendent des conditions propres aux pays concernés, et des restrictions concernant l'emploi de l'amiante prises dans les pays producteurs et consommateurs. Ces critères évoluent actuellement très rapidement.

On peut citer plusieurs exemples de sélection, de mise en exploitation ou d'abandon de gisements, liés aux conditions économiques créées par ces restrictions :

- en Italie, le gisement de Balangero (Piémont), qui produisait plus de 100 000 t/an en 1987, a été exploité jusqu'en 1990, malgré des teneurs faibles, car tous les sous-produits valorisables (poussières d'amiante, serpentinite encaissante, fer nickelé et magnétite) étaient commercialisés ; l'exploitation a été arrêtée en 1991 pour des raisons de limitation de l'usage de l'amiante, et non pour manque de rentabilité économique ;
- en Grèce, le seul gisement exploité dans le nord du pays, qui produisait moins de 30 000 t/an en 1992, a retrouvé en 1995 son niveau de production des années 80, soit 72 000 t/an, grâce à la demande accrue de la part des pays d'Asie et probablement d'ancien utilisateurs de l'amiante produit auparavant en Italie ;
- au Canada, l'unité de LAB Chrysotile à Beaver (Colombie Britannique) a arrêté sa production pour cause de saturation du marché, mais une reprise est possible si la demande reprend ;
- au Québec par contre, JM Asbestos Inc. a commencé à développer sur trois ans une mine d'une capacité de 250 000 t/an, malgré l'interdiction de l'usage de l'amiante dans la plupart des pays d'Europe, qui représentaient 20 % du marché jusqu'en 1996 ;
- en Afrique du Sud, la production d'amosite a cessé en 1993 et celle de crocidolite diminue constamment, car ces deux variétés d'amiante sont considérées comme étant les plus nocives, et les réglementations les concernant sont plus sévères dans certains pays. En France par exemple, l'interdiction d'utilisation a touché la crocidolite avant les amphiboles dans leur ensemble, puis le chrysotile. En Grande-Bretagne, l'interdiction d'utilisation de la crocidolite et de l'amosite date du 1^{er} janvier 1986, de même qu'en Allemagne pour la crocidolite.

3. Propriétés physiques et chimiques

Les propriétés physiques, chimiques et mécaniques des fibres de minéraux asbestiformes sont nombreuses et confèrent à ces minéraux un ensemble de caractéristiques qui les rendent pratiquement uniques, et donc difficiles à remplacer, du moins dans l'absolu. Les principales propriétés qui sont appréciées dans l'industrie sont :

- la résistance à la chaleur et le fait que l'amiante tissé soit incombustible ;
- la résistance aux attaques chimiques ;
- la flexibilité et la résistance à la traction ;
- l'aptitude à être tissés.

L'ensemble de ces propriétés sont rassemblées dans les tableaux 2 et 3 :

PROPRIETES	Actinolite	Amosite	Anthophyllite	Chrysotile	Crocidolite	Trémolite
Forme dans la roche	fibres plissotées ou en masse	fibres croisées	fibres plissotées ou en masse	fibres plissotées ou croisées	fibres croisées	fibres plissotées ou en masse
Structure	cristaux-fibres longs, réticulés, prismatiques	lamellaire, en fibres fines à grossières	lamellaire, fibreuse	fibres fines et facilement séparables	fibreuse en roches ferrugineuses	fibres prismatiques longues en agrégats
Système cristallin	monoclinique	monoclinique	orthorombique	monoclinique	monoclinique	monoclinique
Chimisme	silicate de Fe, Ca, Mg peu hydraté	silicate de Fe, Mg peu hydraté	silicate de Mg avec un peu de Fe	silicate de Mg peu hydraté	silicate de Na, Fe, peu hydraté	silicate de Ca, Mg, peu hydraté
Clivage	110 parfait	110 parfait	110 parfait	010 parfait	110 parfait	110 parfait
Couleur	verdâtre	gris-brun	gris-brunâtre, vert	blanc, gris, vert	bleu lavande ou métallique	gris clair, verdâtre, jaunâtre
Eclat	soyeux	vitreux, parfois nacré	vitreux à nacré	soyeux	soyeux à mat	soyeux
Dureté	± 6	5,5 - 6	5,5 - 6	2,5 - 4	4	5,5
Densité	3,0-3,2	3,1-3,25	2,85-3,1	2,4-2,6	3,2-3,3	2,9-3,2
Propriétés optiques	biaxe - extinction oblique	biaxe + extinction droite	biaxe + extinction droite	biaxe + extinction droite	biaxe + ou - extinction droite	biaxe - extinction oblique
Indice de réfraction	± 1,63	± 1,64	± 1,61	1,51-1,55	1,7, pléochroïque	± 1,61

Tabl. 2 - Propriétés physiques et chimiques des fibres de minéraux asbestiformes (d'après Badollet, 1951).

PROPRIÉTÉS	Actinolite	Amosite	Anthophyllite	Chrysotile	Crocidolite	Trémolite
Longueur des fibres	courtes à longues	variables, 25 à 250 μm	courtes	courtes à longues	courtes à longues	courtes à longues
Diamètre des fibres	$> 0,2 \mu\text{m}$	$0,15\text{-}1,5 \mu\text{m}$	$0,25\text{-}2,5 \mu\text{m}$	$0,02\text{-}0,03 \mu\text{m}$	$0,06\text{-}1,2 \mu\text{m}$	$> 0,2 \mu\text{m}$
Texture	dure	souple	dure	tendre à dure	tendre à dure	dure, parfois tendre
Flexibilité	mauvaise	bonne	mauvaise	très bonne	bonne	mauvaise
Résistance à la traction (kPa)	< 6895	$110\ 000$ à $620\ 000$	$< 27\ 600$	$551\ 000$ à $689\ 000$	$689\ 000$ à $2068\ 000$	6900 à $55\ 000$
Température de perte au feu maximale ($^{\circ}\text{C}$)	—	871 à 982	982	982	648	982
Point de fusion ($^{\circ}\text{C}$)	1393	1399	1468	1521	1229	1316
Chaleur spécifique (J/Kg $^{\circ}\text{C}$)	505	449	488	619	468	493
Résistance à la chaleur	-	bonne	très bonne	bonne	mauvaise	moyenne à bonne
Charge électrique	-	-	-	+	-	-
Conductivité électrique (μmhos)	—	$1,34$	$0,58$	$1,82$	$0,84$	—
Vitesse filtration	moyenne	rapide	moyenne	lente	rapide	moyenne
Résistance aux acides et aux bases	correcte	bonne	très bonne	mauvaise	bonne	bonne
Aptitude à la torsion	mauvaise	correcte	mauvaise	très bonne	correcte	mauvaise
Impuretés minérales	carbonate, Fe	Fe	Fe	carbonate, Fe, Cr, Ni	Fe	carbonate
Présence de magnétite	—	0	0	$0\text{-}5,2 \%$	$3,0\text{-}5,9 \%$	0

Tabl. 3 - Propriétés physiques et chimiques des fibres de minéraux asbestiformes (d'après Badollet, 1951, suite).

Il apparaît donc que le chrysotile, qui diffère des autres minéraux asbestiformes par la forme, le diamètre et la taille des fibres, a de très bonnes propriétés, comme la résistance à la traction, à la chaleur, et l'aptitude à être tissé, tandis que les minéraux de la famille des amphiboles sont plus résistants aux acides, plus durs, avec de bonnes propriétés filtrantes.

Les différentes utilisations industrielles de l'amiante sont généralement conditionnées par la longueur des fibres, les plus longues étant les plus recherchées et les plus coûteuses. La classification des fibres la plus utilisée est celle établie par la QAMA (Québec Asbestos Mining Association, voir paragraphe 4.2.2), mais il en existe d'autres en Afrique du Sud et en Russie.

4. Secteurs d'utilisation et spécifications industrielles

4.1. SECTEURS D'UTILISATION

Les différents minéraux asbestiformes, par leurs propriétés uniques, possèdent de très nombreuses applications industrielles, et ont été utilisés depuis bientôt un siècle dans une gamme de produits très variés, plusieurs milliers au total. En effet, leurs propriétés particulières :

- incombustibilité, et résistance à la chaleur provoquée par la friction,
- isolation thermique et phonique due à l'enchevêtrement des fibres et à une grande surface spécifique développée,
- résistance à la traction, supérieure à celle de l'acier,
- résistance à la corrosion et aux attaques acides ou alcalines,
- bonnes propriétés diélectriques,

en ont fait un type de matériau très recherché dans l'industrie, et ceci dès ses débuts.

D'après la classification québécoise QAMA, les secteurs d'utilisation spécifiques sont déterminés par la qualité et la longueur des fibres de chrysotile, qui sont classées en plusieurs groupes, des plus longues (groupe 3) aux plus courtes (groupe 7) :

- groupes 1 et 2 : bruts
- groupe 3 → textiles, nombreux usages
- groupe 4 → amiante-ciment
- groupe 5 → prod. friction, papier, ciment, étanchéité
- groupe 6 → fibre à bardeaux, idem groupe 5
- groupe 7 → nombreux usages en charge, ciment etc.
- groupes 8 et 9 (sable-gravier) → nombreux usages, asphalte etc.

Les spécifications précises liées à ces types de fibres, ainsi qu'à d'autres produits asbestiformes venant de différents pays, sont rassemblées paragraphe 4.2.

Pour donner une idée des tonnages mis en oeuvre pendant la période d'utilisation maximale de l'amiante, la consommation brute en France par secteurs d'activité sur la période 1971-1975, se répartit ainsi :

- amiante-ciment	103900 t
- revêtement de sols	12140 t
- filature	4160 t
- cartons/papiers	10103 t
- joints	1935 t
- garnitures de friction	4180 t
- objets moulés et calorifuges	2715 t
- divers	3600 t

Source : AFA 1996

Au cours des dernières années, en France et dans beaucoup de pays industrialisés, la gamme des produits contenant de l'amiante a considérablement diminué, du fait des restrictions successives concernant son emploi. En France, après l'interdiction du flochage, le secteur amiante manufacturé a concerné surtout les garnitures de friction, les textiles, les produits d'étanchéité et l'amiante-ciment, de loin le plus gros utilisateur (90 % de la consommation dans les années 1990).

L'interdiction de l'amiante ou de tout matériau ou produit en contenant est applicable à compter du 1^{er} janvier 1997 dans le cadre d'un usage professionnel mais aussi commercial, impliquant la fabrication, la transformation, la détention en vue de la vente, la mise en vente, la vente, l'importation la cession à quelque titre que ce soit et l'exportation.

Ce principe général d'interdiction s'accompagne toutefois de la possibilité d'exceptions en nombre très limité et strictement encadré. Celles-ci ne peuvent être admises que s'il n'existe pas de produit de substitution qui :

1. d'une part, présente, en l'état actuel des connaissances spécifiques, un risque moindre pour la santé des travailleurs,
2. d'autre part, donne des garanties équivalentes, en termes de sécurité d'utilisation (performance de freinage par exemple).

La liste des exceptions admissibles sur la base de ce double critère est la suivante :

1. jusqu'au 1^{er} janvier 2002 les diaphragmes utilisés pour la production de chlore ainsi que la production d'oxygène dans les sous-marins à propulsion nucléaire,

2. jusqu'au 1^{er} janvier 1999, les garnitures de friction pour installations et équipements industriels lourds, engins terrestres spéciaux et véhicules spéciaux de plus de 3,5 tonnes, bâtiments et structures flottants, éléments de friction pour compresseurs et pompes à vide à palette, et jusqu'au 1^{er} janvier 2002 les garnitures de friction des aéronefs,

Cette rubrique ne comporte pas les garnitures de friction des poids lourds qui ne bénéficient pas de dérogation.

3. jusqu'au 1^{er} janvier 2002, les joints et garnitures d'étanchéité utilisés dans les processus industriels, pour la circulation des fluides, à des températures ou pression élevées, ou quand deux des risques suivants sont combinés : feu, corrosion ou toxicité,
4. jusqu'au 1^{er} janvier 1998, les dispositifs d'isolation thermique utilisés en milieu industriel pour faire face à des températures situées entre 600°C et 1000°C, et jusqu'au 1^{er} janvier 2002 pour faire face à des températures supérieures à 1000°C.

Cette dernière rubrique comporte des cas d'exception très divers, allant de la protection thermique des propulseurs de missiles nucléaires aux gants de protection pour la conduite des fours, en passant par les cages de soufflage des contacteurs de forte puissance, etc.

Les processus de fabrication de ces produits encore autorisés en France sont décrits ci-dessous, tandis que ceux des produits maintenant prohibés ne sont plus rappelés que pour mémoire. Les sociétés, utilisant l'amiante dans la fabrication de leurs produits, sont mentionnées au paragraphe 5.2, et les mesures de reconversion qu'elles ont prises suite à l'interdiction de l'amiante sont évoquées au paragraphe 6.4.

4.1.1. Industrie textile

La technique de filature des fibres d'amiante est connue depuis longtemps. Ce sont les fibres de chrysotile longues, correspondant aux groupes "brut" 1 et 2 avant traitement, et au groupe 3 (> 8 mm), qui sont actuellement employées pour être cardées, filées et tissées en toiles de différentes dimensions. On utilise plus rarement la crocidolite dans certains pays. Les propriétés de résistance à la torsion et d'élasticité de ces fibres, ainsi que le faible pourcentage de perte par fragmentation lors des opérations de tissage, en font un matériau de premier choix pour la confection de pièces de tissu souvent utilisées comme isolants thermiques.

A dater du 1^{er} janvier 1997, seuls les dispositifs d'isolation thermiques utilisés dans le milieu industriel, notamment le secteur "vêtement ignifugé" a l'autorisation d'utiliser l'amiante tissé, jusqu'au 1^{er} janvier 1998 pour faire face à température situées entre 600

et 1000°C, jusqu'au 1er janvier 2002 pour faire face à des températures supérieures à 1000°C.

L'utilisation des tissus dans les filtres de masque à gaz, comme protection de fils électriques, et isolants de tuyauterie, est interdite.

4.1.2. Garnitures de friction

L'industrie automobile représente le marché le plus important pour les garnitures de friction, dans lesquels on utilise des fibres de classe 3 à 7.

Le procédé consiste à plaquer une garniture de fibres d'amiante imprégnées dans de la résine sur une semelle d'acier, par un procédé d'extrusion semi-liquide. Pour les poids-lourds et le matériel ferroviaire, les fibres de classe "groupes 5-6" sont moulées à sec jusqu'à la dimension requise, puis incorporées à la résine. L'ensemble est taillé en blocs de grandes dimensions.

La fabrication des plaquettes de frein des véhicules légers requerrait jusqu'à fin 1996 des fibres du groupe 7, et celle des disques d'embrayage des fibres de groupe 3 ou 5. Les exceptions admissibles sont énumérées dans le paragraphe 4.1.

4.1.3. Amiante-ciment

L'amiante-ciment est composé d'un mélange homogène de ciment et de fibres d'amiante de longueur moyenne. C'est un composé uniquement minéral, auquel les fibres d'amiante, représentant 10 à 30 % en poids, apportent de la cohésion et une certaine élasticité.

Les propriétés physiques de l'amiante-ciment sont les suivantes :

- | | |
|-------------------------------|----------------------------|
| - résistance à la traction | 20 MPa, |
| - résistance à la compression | 60 à 90 MPa, |
| - masse volumique | 1,8 à 2,0 g/m ³ |
| - température de fusion | 1500°C, incombustible |

Le procédé de fabrication, après défibrage de l'amiante en broyeurs à meules, comporte les étapes suivantes :

- incorporation des fibres au ciment et à l'eau pour obtenir une pâte très diluée, à environ 50 g de solide par litre ;
- essorage et laminage par une série de cylindres perforés ;
- enroulage en couche mince sur un axe cylindrique ;

- découpage et aplatissage pour obtenir une plaque malléable, dont on fait la forme finale, à la main ou sous presse.

Afin d'accélérer l'essorage lors de ce procédé par voie humide, les fibres qui ont un pouvoir filtrant plus rapide, comme l'amosite, sont introduites dans la préparation (USA). Les produits obtenus, après un traitement qui accélère le durcissement, sont de deux sortes :

- plans, comme les tôles ondulées, ardoises de couverture ou plaques murales ;
- creux, comme les tuyaux et canalisations, ou des récipients de type bacs et pots.

Selon les types de produit manufacturés, on utilise des fibres de qualité différentes, généralement du groupe 6 pour les plaques et feuilles planes, 6 et 5 pour les plaques ondulées, alors que les canalisations qui doivent être conformes aux tests hydrostatiques doivent contenir des fibres de haute qualité du groupe 4.

4.1.4. Papier d'amiante

Les fibres d'amiante peuvent être utilisées avec un liant organique, cellulose ou latex par exemple, pour obtenir des feuilles aux multiples usages : isolation, rembourrage, revêtement de chaudières et de fours, sous-couche de sols, etc. Seuls les joints et garnitures d'étanchéité utilisés dans les processus industriels pour la circulation de fluides à températures ou pressions élevées, où sont combinés deux des trois risques "feu-corrosion-toxicité", sont autorisés jusqu'au 1er janvier 2002.

4.1.5. Utilisation à l'état brut et autres secteurs d'utilisation

L'amiante chrysotile est utilisé brut dans l'isolation des murs, planchers et conduits souterrains, ou comprimé sous forme de filtres et de plaques isolantes. Les fibres courtes sont par ailleurs incorporées comme charge pour renforcer les plastiques, et dans certaines peintures, vernis et adhésifs.

4.2. SPÉCIFICATIONS INDUSTRIELLES

4.2.1. Spécifications générales

Les spécifications industrielles dépendent de la longueur et de la qualité des fibres. Selon les producteurs et le type d'asbeste, ces spécifications varient. Les plus usuelles sont rassemblées dans les tableaux suivants, et concernent les produits canadiens (Québec, tabl. 4 et Colombie Britannique, tabl. 5), russes (tabl. 6) ou provenant d'Afrique australe (tabl. 7).

De même, de nombreux utilisateurs ont développé leurs propres critères de sélection basés sur des tests tels que la viscosité, l'absorption, l'abrasivité, la compressibilité, la résistance à la torsion et à la traction, les teneurs en sels solubles ou en magnétite, la couleur, la surface spécifique, etc.

4.2.2. Rappel des normes françaises

(en vigueur jusqu'à fin 1996 ou après)

Les normes françaises relatives aux utilisations dans le bâtiment sont devenues sans objet avec l'interdiction du flocage en 1978, et de la fabrication de l'amiante-ciment en 1997.

On peut cependant rappeler les normes d'utilisation d'amiante-ciment :

NF P08-001 (octobre 1964),
NF P16-302 (décembre 1987),
NF P16-304 (septembre 1985),
NF P16-305 (janvier 1989),
NF P 33-301 (novembre 1983),
NF P 33-303 (août 1988),
NF EN 492 (août 1994),
NF EN 494 (août 1994).

Les **produits textiles à base d'amiante**, qui peuvent être utilisés après le 1er janvier 1997, selon les procédures d'exception, doivent répondre aux exigences de la norme **NF G 28 002** de 1993 concernant les caractéristiques principales et les méthodes d'essai des fils d'amiante.

SPECIFICATION				
Group No. 1 No. 1 Crude. Cross fiber veins having 3/4-in. staple and longer.				
Group No. 2 No. 2 Crude. Cross fiber veins having 3/8-in. staple up to 3/4-in. Run-of-mine Crude consists of unsorted crudes. Sundry Crudes consist of crudes other than above specified.				
Group No. 3 (Commonly referred to as textile or shipping fibers)	Guaranteed Minimum Shipping Test			
	1/2 In., oz	4 Mesh, oz	10 Mesh, oz	Pan, oz
3F	10.5	3.9	1.3	0.3
3K	7	7	1.5	0.5
3R	4	7	4	1
3T	2	8	4	2
3Z	1	9	4	2
Group No. 4 (Commonly referred to as asbestos cement fiber)				
4A	0	8	6	2
4D	0	7	6	3
4H	0	5	8	3
4H	0	5	7	4
4K	0	4	9	3
4M	0	4	8	4
4R	0	3	9	4
4T	0	2	10	4
4Z	0	1.5	9.5	5
Group No. 5 (Often referred to as paper stock grades)				
5D	0	0.5	10.5	5
5K	0	0	12	4
5M	0	0	11	5
5R	0	0	10	6
5Z	0	0	8.6	7.4
Group No. 6 (Paper and shingle fibers)				
6D	0	0	7	9
6F	0	0	6	10
Group No. 7 (Shorts and floats)				
7D	0	0	5	11
7F	0	0	4	12
7H	0	0	3	13
7K	0	0	2	14
7M	0	0	1	15
7R	0	0	0	16
7T	0	0	0	16
7RF and 7TF Floats	0	0	0	16
7W	0	0	0	16
Group No. 8 & 9 (Sands and gravels)				
8S	0	0	0	16
		Minimum 50 lb per cu ft		
8T	0	0	0	16
		Minimum 75 lb per cu ft		
9T	0	0	0	16
		More than 75 lb per cu ft		

**Tabl. 4 - Classification des fibres d'après
"Québec Asbestos Mining Association".**

C-1	Crude $\frac{3}{4}$ - in. staple and longer.	
AAA	Extra long spinning fiber	Canadian Group 3
AA	Long spinning fiber	Canadian Group 3
A	Spinning fiber	Canadian Group 3
AC	Spinning fiber	Canadian Group 3
CC	Spinning fiber	Canadian Group 3
AK	Asbestos-cement fiber	Canadian Group 4
CP	Asbestos-cement fiber	Canadian Group 4
AS	Asbestos-cement fiber	Canadian Group 4
CT	Asbestos-cement fiber	Canadian Group 4
AX	Asbestos-cement fiber	Canadian Group 5
AY	Asbestos-cement fiber	Canadian Group 5
CY	Asbestos-cement fiber	Canadian Group 5
AZ	Asbestos-cement fiber	Canadian Group 6
CZ	Asbestos-cement fiber	Canadian Group 6

**Tabl. 5 - Classification des fibres
Cassiar, Colombie britannique**

Grade	Type	Texture	Mark according to USSR standards, 1972
0	Spinning fiber	Harsh, crudy	DV-0 80, DV-0 55
1	Spinning fiber	Harsh, crudy Semi-crudy	J-1-50, J-1-38 PRJ-1-75, PRJ-1-50
2	Spinning fiber	Harsh, crudy Semi-crudy Semi-open	J-2-20 PRJ-2-30, PRJ-2-15 P-2-30, P-2-15
3	Asbestos-cement fiber	Harsh, crudy Semi-open	J-3-40 P-3-70, P-3-60 P-3-50, M-3-70 M-3-60
4	Asbestos-cement fiber	Semi-open Open, soft	P-4-40, P-4-30 P-4-20, P-4-5 M-4-40, M-4-30 M-4-20, M-4-5
5	Paper fiber	Semi-open Open, soft	P-5-67, P-5-65 P-5-52, P-5-50 M-5-65, M-5-50
6	Paper and shingle Fiber and shorts	Semi-open Open, soft	P-6-45, P-6-30 M-6-40, M-6-30 K-6-45, K-6-30 K-6-20, K-6-5
7	Unguaranteed		7-300, 7-370 7-450, 7-520

**Tabl. 6 - Classification des fibres de
chrysotile en ex-URSS (1972).**

C&G1 Long. crudy textile fiber	
C&G2 Textile fiber	
C&G3 Long shingle fiber	From mines in the Shabani District of Zimbabwe
C&G4 Shingle fiber	
C&G5 Short shingle fiber or paper stock	
VRA-2 Textile fiber	
VRA-3 Long shingle fiber	From the Mashaba District of Zimbabwe
VRA-4 Shingle fiber	
HVL2 Textile fiber	
HVL3 Long shingle fiber	From the Havelock mine in Swaziland
HVL4 Shingle fiber	
HVL5 Short shingle or paper stock	
Msauli—Grade 4	From the Msauli mine near Swaziland border in the Transvaa
Msauli—Grade 5	
Amianthus 1 and 2—Textile fibers	
F—Long shingle fiber	From the Barberton District of the Transvaal
AA—Shingle fiber	
Munnik-Myburgh M1—Textile fiber	
M3—Shingle fiber	From the Barberton District near Nelspruit of the Transvaal
M4—Short shingle fiber	

Tabl. 7 - Classification des fibres de chrysotile - Afrique du Sud, Zimbabwe, Swaziland.

5. Économie et marché

5.1. CONSOMMATION FRANCAISE

La production française d'amiante est totalement arrêtée depuis 1977. L'approvisionnement est donc assuré par les importations, une faible part de produits étant réexportée sans être manufacturée. Les importations et les exportations depuis 1989 sont rassemblées dans le tableau 8.

Année	Importations (tonnes)	Valeur (MF)	Exportations (tonnes)	Consommation apparente (tonnes)
1989	73 000		3000	70 000
1990	63 672	161	288	63 384
1991	67 373	185	358	67 014
1992	35 860	107	533	35 327
1993	34 670	109	16	34 654
1994	34 868	112	82	34 786
1995	48 204	117	225	47 979
1996	20591	59,86	14 531	6060

Source : Statistiques du Commerce extérieur de la France (1990 à 1996).

Tabl. 8 - Importations et exportations d'amiante en France de 1989 à 1996.

Avec la reconnaissance des effets nocifs de l'amiante sur la santé et l'interdiction du flocage en 1978, la consommation apparente française a bien sûr considérablement diminué depuis 1980, date à laquelle elle avait atteint un maximum de 127 000 t, et s'est stabilisée vers 35 000 t/an de 1992 à 1994. On observe enfin une reprise des importations en 1995, puis une chute en 1996.

En 1996, les importations ont baissé de plus de moitié par rapport à l'année précédente, et près de 75 % ont été réexportés, ce qui a ramené la consommation apparente à environ 6000 t. La consommation devrait encore considérablement diminuer en 1997 avec l'application de la nouvelle réglementation.

Les prix des produits importés dépendent de la longueur et de la qualité des fibres. Les prix moyens ont eu une nette tendance à augmenter jusqu'en 1994, passant de 2500 à 4000 F/t, puis ont fortement baissé en 1995.

Cette différence est probablement liée à la qualité des produits importés, puisque les prix varient de 1000 à 8000 F/t selon le groupe (voir paragraphe 5.4).

Les principaux fournisseurs sont dans l'ordre le Canada, la CEI (Russie) et l'Afrique du Sud. L'Italie, qui exportait vers la France a cessé toute extraction en 1992, tandis que le Brésil, qui augmente sa production, a fourni près de 1500 t en 1995.

5.2. STRUCTURE INDUSTRIELLE DES SOCIÉTÉS UTILISATRICES D'AMIANTE EN FRANCE

En France, une douzaine de société utilisaient encore couramment de l'amiante importé pour la fabrication de produits manufacturés en 1996. Ce sont dans l'ordre d'importance les entreprises de BTP, puis celles qui produisent des garnitures de friction (freins), des textiles et des joints ou des revêtements d'étanchéité. Ces sociétés sont les suivantes (tabl. 9) :

SOCIÉTÉS	DOMAINES D'ACTIVITÉ	CA - EFFECTIFS	IMPLANTATIONS
ETERNIT (ETEX)	Couverture/canalisation	1 Milliard F 1200 personnes	5 sites de production (Ille-et-Vilaine, Tarn, Nord, Saône-et-Loire, Yvelines)
EVERITE (Saint-Gobain)	couverture	405 MF 288 personnes	2 sites de production (Nord, Indre-et-Loire)
PONT-A-MOUSSON SA (Saint-Gobain)	canalisations	75 MF * 72 personnes	1 site (Drôme)
SCREG (Bouygues)	revêtement routier	250 MF *	plusieurs dizaines de sites de production
ALLIED SIGNAL	garnitures de frein	675 MF 950 personnes	1 site (Calvados)
FERODO-ABEX (TNN)	garnitures de frein	550 MF 670 personnes	1 site (Oise)
FLERTEX	garnitures de frein	90 MF 140 personnes	1 site (Vienne)
FREIX	garnitures de frein	15 MF 35 personnes	1 site (Haut-de-Seine)
FERLAM	textile	12 MF * 102 personnes (total)	1 site (Orne)
PORTERET Beaulieu Ind.	textile, isolation	48 MF 60 personnes	1 site (Cote-d'Or)
SILITEX	textile	12 MF 20 personnes	1 site (Seine-Maritime)
LATTY Inter. Sofajoint	étanchéité	110 MF 200 personnes	2 sites (Eure-et-Loir, Essonne)

* secteur employant l'amiante. Source : L'Usine nouvelle N° 2557

Tabl. 9 - Sociétés utilisant l'amiante dans leur production industrielle en France.

Ces sociétés, qui utilisent les fibres d'amiante dans des proportions variables selon le type de produit, se trouvent actuellement confrontées à un problème de reconversion à la suite des mesures gouvernementales d'interdiction à partir du 1er janvier 1997, et cherchent à s'adapter de façons appropriées, mais selon des voies différentes (voir paragraphe 6.4.2).

5.3. DONNÉES SUR LA PRODUCTION MONDIALE

La production mondiale a évolué de 1987 à 1995 selon les pays, comme le montre le tableau 10.

Pays	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Argentine	332	2328	225	300*	250	215	309	350*	300*
Brésil	212 807	227 653	206 195	205 220	238 8520	172 448	184 918	192 000*	208 700
Bulgarie	400	300*	300*	300*	300*	400	500*	300*	500*
Canada ↘	664 546	710 357	701 227	685 627	686 867	590 641	580 000	518 000	511 000*
Chine ↗	144 673	157 478	181 500	191 800	213 000	229 600	307 000	240 000*	240 000*
Chypre	18 070	14 585	0	0	0	0	0	0	0
Colombie ↗	6600	7600	7900	8000*	8000*	8500*	8000*	129 000 (b)	nd
Corée du Sud	2518	2428	2361	1534	1500*	2308	2200	2000*	nd
Egypte	209	166	312	369	350	375	603	514	400*
Grèce ↗	60 134	71 114	72 500	65 933	4788	28 592	56 948	72 000	75 000*
Inde (amphibole)	29 110	31 123	36 502	25 958	24 094	43 788	43 600	28 900	30 000*
Iran	2900	3410	3300	2800*	3000*	4300*	4500*	4500*	nd
Italie	118 352	94 549	44 384	3862	0	0	0	0	0
Japon	5207	3000*	21 727	5184	4395	4281	2636	nd	nd
RSA ↘ *	135 074	145 678	156 594	145 791	148 962	124 000§	104 000	95 000§	89 000 (ch) 7396 (cr)
Swaziland	25 925	22 804	27 291	35 938	13 888	32 301	28 360	26 720	35 000*
Turquie	806	50	0	0	0	0	0	0	0
URSS ↘ - Russie - Kazakstan	2554 600	2600 000*	2600 000*	2400 000*	2000 000*	1500 000* 400 000*	867 000 325 000*	800 000* 300 000*	800 000* 300 000*
USA ↘	50 600	18 233	17 427	20 000*	20 061	15 573	13 704	10 100	9000
Yougoslavie ↘ - Bosnie	10 964	17 030	9111	6578	5289 (S)	1170 500*	1100 500*	1100* 300*	—
Zimbabwe	193 295	186 581	187 066	160 861	141 697	150 158	156 881	151 900	145 000*
TOTAL MONDE	4 237 000		4 500 000	4 200 000	3 600 000	3 500 000	2 830 000	2 600 000	2 400 000*

Sources: USBM Mineral Yearbook 1994, Industrial Minerals and Rocks 1994, USBM-USGS Mineral Commodity Summaries, jan. 1996, OMP 1995, BGS 1992, Minerak Handbook 1995.

* estimation

(b) production brute

↘ production globalement en baisse

↗ production globalement en hausse

* Pour la République Sud-Africaine, environ 5 % amosite, 25 % crocidolite, 70 % chrysotile en 1992 ; plus de production d'amosite depuis 1993, et baisse constante de celle de crocidolite.

Tabl. 10 - Production mondiale d'amiante de 1987 à 1995.

Malgré les restrictions concernant l'usage de l'amiante dans les pays occidentaux, la production mondiale ne baisse que lentement, en raison de son utilisation qui se maintient, et même se développe, dans certains pays d'Amérique latine et d'Asie notamment. La baisse de la production mondiale tend à se ralentir depuis 1995, et la production devrait se stabiliser jusqu'à la fin de la décennie. Le Canada par exemple maintient sa production à plus de 500 000 t/an, alors que les USA l'ont ramenée de 20 000 à 9 000 t/an entre 1991 et 1995.

La production mondiale a donc globalement baissé de plus de 1,5 Mt entre 1987 et 1995, passant de 4,237 Mt à moins de 3 Mt en 1992, à 2,6 Mt en 1994, et moins de 2,5 Mt en 1995. On peut escompter une stabilisation de la production totale entre 2 et 2,5 Mt jusqu'à la fin du siècle.

Depuis 1995, la Russie a dépassé le Canada comme premier exportateur mondial, tandis que le Japon reste le premier importateur de fibres brutes. En Europe, le premier pays producteur, la Grèce, exporte la plus grande partie de sa production.

5.4. PRINCIPALES SOCIÉTÉS PRODUCTRICES D'AMIANTE DANS LE MONDE - PRIX DE VENTE

Au niveau mondial, les principales sociétés produisant de l'amiante sont les suivantes :

		Capacité	Groupe
Canada	- JM Asbestos Inc.	225 000 t	- Groupe Minier Asbestos-Estrie
	- LAB Chrysotile Inc.	336 000 t	- Mazarin Mining Corporation Inc.
USA	- KCAC Asbestos Inc.	16 000 t	
Afrique du Sud	- Msauli Asbestos	80 000 t	- Hanova Mining Holdings
	- Griqualand Expl. Fin Co. Ltd	20 000 t	- Hanova Mining Holdings
Brésil	- SA Mineracao de Amianto (SAMA)	≈ 100 000 t	- Brasilit-Eternit SA
Grèce	- Asbestos Mines of Northern Greece	75 000 t	- Hellenic Mineral Mining Co.
Zimbabwe	- Shabanie Mashaba Mines	100 000 t	- T & C PLC
CEI	- Ouralamiant Combinaat	800 000 t	- Sociétés étatiques
	- Kustanayamiant Combinaat		
	- Tuvaamiant Combinaat		

Les prix de vente de l'amiante départ usine varient selon la qualité des fibres. Après s'être maintenus à un niveau assez stable pendant une dizaine d'années jusqu'en 1991, ils ont baissé en 1992, repris légèrement en 1993, ainsi qu'en 1995 (amiante canadien).

Selon les principaux groupes de fibres, les prix courants pour 1996 ont été les suivants :

	Canada (ex-mine/t)	Afrique du Sud (ex-mine/t)	Grèce (FOB)
Chrysotile			
Groupe 3	\$C 1494-1803	\$ 600-800	
Groupe 4	\$C 1030-1442	nd	\$ 675-750
Groupe 5	\$C 684-950	\$ 360-440	\$ 525-625
Groupe 6	\$C 425-610	\$300-350	\$ 325-500
Groupe 7	\$C 210-435	\$ 200-290	\$ 200-300
Crocidolite			
- fibres longues		\$ 760-920	
- fibres moyennes		\$ 680-750	
- fibres courtes		\$ 640-720	

Source : Industrial Minerals, octobre 1996.

* selon la longueur des fibres

Tabl. 11 - Prix des fibres d'amiante sur le marché mondial.

Les prix des diverses fibres devraient rester stables à moyen terme, ou même baisser s'il y a surproduction par rapport à la demande.

6 - Situation en France liée à l'utilisation de l'amiante puis à son interdiction

6.1. EFFETS DE L'AMIANTE SUR LA SANTÉ HUMAINE ET LÉGISLATION

Les effets de l'inhalation des poussières fibreuses d'amiante sont connus depuis longtemps des professionnels, du milieu médical et de l'inspection du travail. De très nombreux travaux, tant en France qu'à l'étranger, ont démontré les risques liés à l'exposition aux poussières d'amiante, que ce soit dans les processus industriels utilisant l'amiante, ou dans les locaux où celui-ci a été mis en oeuvre.

Un rapport de l'Inserm (Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale), en date du mois de juin 1996, a mis en avant les conséquences actuelles de l'inhalation d'amiante sur les personnes exposées, et est en grande partie à l'origine des mesures d'interdiction prises à son égard.

Les quatre principales maladies provoquées par l'inhalation des fibres d'amiante sont, les fibroses pulmonaires (asbestose), les lésions pleurales bénignes, les cancers des bronches, les cancers de la plèvre ou du péritoine (mésothéliome).

Cependant, il peut s'écouler de 20 à 50 ans entre l'exposition aux fibres et l'apparition de la maladie, laps de temps d'autant plus long que l'exposition a été faible.

Le tableau suivant, correspondant aux tableaux n° 30 et 30 bis du code de la Sécurité Sociale, rappelle les affections consécutives à l'inhalation des poussières d'amiante.

N.B. : la réglementation concernant l'amiante est encore en cours d'évolution, tant pour les diagnostics de matériaux, les conditions de chantiers de traitement de l'amiante, que pour les prescriptions d'entreposage des déchets. Les informations rassemblées dans ce mémento résument la situation au premier semestre 1997.

	Désignation des maladies	Délai de prise en charge	Liste indicative des principaux travaux susceptibles de provoquer ces maladies
A -	Asbestose : fibrose pulmonaire diagnostiquée sur des signes radiologiques spécifiques, qu'il y ait ou non des modifications des explorations fonctionnelles respiratoires. Complications : insuffisance respiratoire aiguë, insuffisance ventriculaire droite.	20 ans	Travaux exposant à l'inhalation de poussières d'amiante, notamment : - extraction, manipulation et traitement de minerais et roches amiantifères . Manipulation et utilisation de l'amiante brut dans les opérations de fabrication suivantes
B -	Lésions pleurales bénignes : avec ou sans modifications des explorations fonctionnelles respiratoires : - pleurésie exsudative ; - plaques pleurales plus ou moins calcifiées bilatérales, pariétales, diaphragmatiques ou médiastinales ; - plaques péricardiques ; - épaissements pleuraux bilatéraux, avec ou sans irrégularités diaphragmatiques.	20 ans	- amiante-ciment ; amiante-plastique ; amiante-textile ; amiante-caoutchouc ; carton, papier et feutre d'amiante enduit ; feuilles et joints en amiante ; garnitures de friction contenant de l'amiante ; produits moulés ou en matériaux à base d'amiante et isolants. Travaux de cardage, filage, tissage d'amiante et confection de produits contenant de l'amiante.
C -	Dégénérescence maligne bronchopulmonaire compliquant les lésions parenchymateuses et pleurales bénignes ci-dessus mentionnées.	35 ans	Application, destruction et élimination de produits à base d'amiante : - amiante projeté ; calorifugeage au moyen de produits contenant de l'amiante ; démolition d'appareils et de matériaux contenant de l'amiante, déflocage. Travaux de pose et de dépose de calorifugeage contenant de l'amiante.
D -	Mésothéliome malin primitif de la plèvre, du péritoine, du péricarde.	40 ans	Travaux d'équipement, d'entretien ou de maintenance effectués sur des matériels ou dans des locaux et annexes revêtus ou contenant des matériaux à base d'amiante.
E -	Autres tumeurs pleurales primitives.	40 ans	Conduite de four. Travaux nécessitant le port habituel de vêtements contenant de l'amiante.
	Cancer broncho-pulmonaire primitif	35 ans (sous réserve d'une durée d'exposition de 10 ans)	Travaux directement associés à la production des matériaux contenant de l'amiante. Travaux nécessitant l'utilisation d'amiante en vrac. Travaux d'isolation utilisant des matériaux contenant de l'amiante. Travaux de pose et de dépose de matériaux isolants à base d'amiante. Travaux de construction et de réparation navale. Travaux d'usinage, de découpe et de ponçage de matériaux contenant de l'amiante. Fabrication de matériels de friction contenant de l'amiante. Travaux d'entretien ou de maintenance effectués sur des équipements contenant des matériaux à base d'amiante.

En France, ces maladies seraient à l'origine de près de 2000 décès par an, et les cancers causés par l'amiante représentent maintenant près de la moitié des cancers professionnels reconnus par les Caisses d'assurance-maladie. Il existe actuellement des milliers d'articles médicaux, français et étrangers, parus à ce sujet, auxquels il convient de se référer.

En 1977, est entré en vigueur le premier texte réglementant la manipulation d'amiante, pour les personnes exposées dans les industries de transformation de l'amiante. Les arrêtés, circulaires et décrets gouvernementaux récents concernant les mesures de prévention, de contrôle et de décontamination des bâtiments, des structures et des installations, sont rassemblés ci-dessous :

- Décret n° 96-97 du 7 février 1996 relatif à la protection de la population contre les risques sanitaires liés à une exposition à l'amiante dans les immeubles bâtis (J.O. du 8 février 1996).
- Arrêté du 7 février 1996 relatif aux modalités d'évaluation de l'état de conservation des flocages et des calorifugeages contenant de l'amiante et aux mesures d'empoussièrément dans les immeubles bâtis (J.O. du 8 février 1996).
- Arrêté du 7 février 1996 relatif aux conditions d'agrément d'organismes habilités à procéder aux contrôles de la concentration en poussières d'amiante dans l'atmosphère des immeubles bâtis (J.O. du 8 février 1996).
- Décret n° 96-98 du 7 février 1996 relatif à la protection des travailleurs contre les risques liés à l'inhalation de poussières d'amiante (J.O. du 8 février 1996).
- Arrêté du 4 avril 1996 modifiant l'arrêté du 8 octobre 1990 fixant la liste des travaux pour lesquels il ne peut être fait appel aux salariés sous contrat de travail à durée déterminée ou aux salariés des entreprises de travail temporaire.
- Arrêté du 14 mai 1996 relatif aux modalités du contrôle d'empoussièrément dans les établissements dont les travailleurs sont exposés à l'inhalation des poussières d'amiante.
- Arrêté du 12 juillet 1996 relatif à la création d'une commission interministérielle pour la prévention et la protection contre les risques liés à l'amiante.
- Décret n° 96-668 du 26 juillet 1996 modifiant les dispositions relatives à l'interdiction de vente de produits contenant de l'amiante.
- Circulaire DHC/TE1-DPS/SD4 N° 96-71/HC/TE/11 du 18 septembre 1996 relative à la protection de la population contre les risques sanitaires liés à l'exposition à l'amiante dans les immeubles bâtis.

- Arrêté du 23 décembre 1996 portant agrément d'organismes habilités à procéder aux contrôles de la concentration en poussières d'amiante dans l'atmosphère des immeubles bâtis (validité jusqu'au 31/12/97 ; complément attendu prochainement).
- Décret n° 96-1132 du 24 décembre 1996 modifiant le décret n° 96-98 du 7 février 1996 relatif à la protection des travailleurs contre les risques liés à l'inhalation de poussières d'amiante.
- Décret n° 96-1133 du 24 décembre 1996 relatif à l'interdiction de l'amiante, pris en application du code du travail et du code de la consommation.
- Arrêté du 24 décembre 1996 relatif aux exceptions à l'interdiction de l'amiante (J.O. du 26 décembre 1996).

6.2. MESURES ADOPTÉES PAR LES PAYS OCCIDENTAUX

Les effets nocifs de l'amiante étant connus depuis longtemps, les mesures prises pour limiter l'exposition à ce produit sont dans certains cas anciennes. Les mesures d'interdiction concernant son utilisation sont plus récentes et se font plus ou moins rapidement selon les pays. Le tableau suivant rassemble les différentes étapes des mesures limitatives, puis d'interdiction de l'amiante.

PAYS	Interdiction flocage	Recensement bâtiments/ décontamination totale	Interdiction totale
France	1977-1978	1989/31-12-2000	01.01.1997 (quelques exceptions)
USA	1975	1984	1997
Suisse	1975	1980/1991 (mesures partielles)	1996
RFA	1973, modifié 1979	non	1995 (1 exception jusqu'à fin 1999)
Belgique	1980	1993	-
Grande-Bretagne	1986	non	-
Espagne	-	-	pas d'interdiction
Italie	-	-	1996
Danemark	1972	-	1987 (3 exceptions)
Pays-Bas	1978	-	1996

Tabl. 12 - Etat des mesures de limitation et d'interdiction de l'amiante prises dans certains pays occidentaux.

En France, les décisions gouvernementales en date du 3 juillet 1996 touchant les produits amiantés, prenant effet le 1^{er} janvier 1997 sont les suivantes :

- interdiction de fabriquer, d'importer et de mettre en vente les produits contenant de l'amiante, et notamment l'amiante-ciment,
- dérogation provisoire pour les garnitures de frein des poids-lourds et les vêtements ignifugés, ainsi que pour quelques produits très spécifiques (voir paragraphe 4.1),
- seuil d'exposition autorisé pour le travail du chrysotile ramené à moins de 100 fibres par litre, contre 300 actuellement,
- extension des diagnostics des flocages et calorifugeages aux matériaux semi-durs (faux-plafonds),
- création d'une habilitation pour les entreprises travaillant dans le déflocage,
- étude des risques liés aux substituts de l'amiante,
- surveillance épidémiologique des fumeurs.

Une commission interministérielle de l'amiante, placée auprès du Premier ministre et présidée par le ministre chargé de la santé, a été créée par arrêté du 12 juillet 1996. Elle concerne les ministères de l'Education, du Logement, du Travail, de l'Environnement et de la Recherche, et elle est chargée entre autre d'évaluer l'impact des mesures sanitaires sur l'ensemble de la population, et sur le milieu de travail en général.

La dérogation d'interdiction demandée par le Canada après la décision gouvernementale française, notamment en ce qui concerne l'amiante-ciment, a été refusée le 19 novembre 1996.

6.3. DIAGNOSTICS, PRÉCONISATIONS ET TRAITEMENTS

Suite aux mesures législatives mentionnées au paragraphe 6.1, toute une série de moyens est mise en oeuvre, certains depuis quelques années déjà, afin de diagnostiquer les risques d'exposition à l'amiante, et de caractériser les poussières prélevées dans l'atmosphère, opérations réalisées par des organismes agréés. Ces études permettent de préconiser les mesures techniques à prendre, et les travaux adaptés à réaliser, qui sont ensuite l'affaire de sociétés spécialisées.

Le marché correspondant concernerait environ 100 millions de m². Initialement évalué à plus de 100 milliards de francs (Le Moniteur N° 4810 du 02.02.1996), il semble maintenant ramené à 30 milliards, soit 1000 à 2000 F/m², dont 2,5 % pour le diagnostic, 43 % pour le désamiantage, 51 % pour la réhabilitation, et 3,5 % pour le traitement des déchets (Le Moniteur N° 4859 du 10.01.1997).

Ces travaux concernent moins les villes de 20 000 à 100 000 habitants, car selon une enquête de la Fédération des villes moyennes, 60 % de ces dernières n'ont pas trouvé d'amiante dans les écoles, établissements sportifs, médiathèques etc. Cependant les 40 % restants poursuivent les diagnostics.

Le calendrier des dates limites de diagnostic des seuls flocages et calorifugeages, concernant environ 10 000 bâtiments floqués entre 1950 et 1978 (échancier défini par annexe au décret n° 96-97), est actuellement le suivant, selon l'année de construction de l'immeuble :

Date de construction	avant le 01.01.1950	du 01.01.1950 au 01.01.1980	après le 01.01.1980
- établissements d'enseignement	01.01.98	01.01.97	01.01.99
- établissements sanitaires et sociaux	30.06.98	30.06.97	30.06.99
- autres immeubles	31.12.99	31.12.98	31.12.99

Suite à ces diagnostics, les travaux de décontamination ou de traitement et de réhabilitation devraient donc être engagés avant le 1^{er} janvier 2001. Cependant, ces travaux s'adressent seulement aux flocages et calorifugeages dégradés, en application d'une grille d'évaluation fixée par le décret n° 96-97 et/ou lorsque cette situation s'accompagne d'un taux de contamination de l'air supérieur à 25 fibres par litre. Aussi, pour les autres situations, les travaux s'étaleront sur les prochaines décennies.

6.3.1. Mesures des taux d'empoussièrement à l'amiante

a) Population générale

Le décret n° 96-97 relatif à la protection de la population contre les risques sanitaires liés à une exposition à l'amiante dans les immeubles bâtis impose aux propriétaires, qu'il s'agisse de personnes privées ou publiques, de rechercher la présence d'amiante (calorifugeage ou flocage). Si la présence d'amiante n'est pas connue par les documents se rapportant à la construction ou à la rénovation de l'immeuble, les propriétaires doivent faire appel à un contrôleur technique ou à un technicien de la construction ayant souscrit une assurance spécifique, afin de faire les vérifications et éventuellement les prélèvements de matériaux pour analyse.

Dans un bâtiment, surtout ceux construits entre 1950 et 1978, l'amiante peut se trouver sous forme d'éléments manufacturés (plaques murales, faux plafonds, revêtements de sols, canalisations), ou sous forme de flocages de protection acoustique ou contre l'incendie. Dans certaines situations identifiées par le diagnostic, les contrôles de l'empoussièrement de l'air sont obligatoires.

Les organismes habilités, jusqu'au 31 décembre 1997, à procéder aux prélèvements des poussières d'amiante dans l'atmosphère des immeubles bâtis, sont une soixantaine, et ceux agréés pour procéder au comptage des poussières d'amiante prélevées, au nombre de 17. Ils sont indiqués par l'arrêté du 23 décembre 1996, paru au Journal Officiel du 19 janvier 1997. Les conditions de contrôle de la pollution de l'air sont décrites dans la norme AFNOR NF X43-050. Des locaux séparés doivent être contrôlés séparément. Les prélèvements s'effectuent sur quatre à cinq jours pendant les périodes d'activité dans les locaux à contrôler (sur 40 heures en continu en cas d'occupation ou d'activité permanente). Dans le cas de locaux inoccupés ou occupés épisodiquement, des systèmes d'appoint de ventilation de l'air peuvent être installés.

Les analyses de filtres de prélèvement sont ensuite réalisées par microscopie électronique à transmission analytique, suivant la norme AFNOR NF X 43-050, conformément à l'arrêté du 7 février 1996.

La qualité de l'air est appréciée par la concentration en fibres d'amiante :

- de longueur $> 5 \mu\text{m}$;
- de diamètre $< 3 \mu\text{m}$;
- de rapport longueur/diamètre > 3 .

Cette concentration mesurée est à comparer aux niveaux d'action de 5 et 25 fibres/litre d'air (article 5 du décret n° 96-97 du 7 février 1996) s'appliquant aux expositions à l'amiante dans l'atmosphère des immeubles bâtis.

En fonction de ce diagnostic primaire (état de conservation des flocages et calorifugeages d'une part, pollution de l'air d'autre part), les propriétaires sont astreints à procéder à un contrôle périodique de l'état des flocages ou des calorifugeages, ou à procéder à une surveillance du niveau d'empoussièrement dans l'atmosphère, ou à engager des travaux dans un délai de 12 mois.

b) Exposition professionnelle

Le décret n° 96-98, modifié par le décret n° 96-1132 du 24 décembre 1996, relatif à la protection des travailleurs contre les risques liés à l'inhalation de poussières d'amiante, abroge le décret du 17 août 1977. Il s'applique à tous les établissements visés à l'article L.231.1 du Code du travail, et pour certaines de ses dispositions, aux travailleurs indépendants et employeurs intervenant sur le chantier.

En fonction des postes de travail, le texte précise les règles qui s'appliquent aux trois types d'activités suivants :

- fabrication, transformation de matériaux contenant de l'amiante ;
- confinement et retrait des matériaux contenant de l'amiante ;

- interventions sur des matériaux ou appareils susceptibles de libérer des fibres d'amiante mais dont la finalité n'est pas de traiter de l'amiante.

Il fixe les dispositions applicables à l'ensemble de ces activités et des dispositions particulières pour tenir compte de la spécificité de chaque activité.

Les Valeurs limites de Moyenne d'Exposition (VME) sont :

- pour le premier type d'activité : concentration sur 8 h $< 0,1$ fibre/cm³ si chrysotile seul, concentration sur 1h $< 0,1$ fibre/cm³ dans les autres cas ;
- pour le deuxième et troisième type d'activité, concentration sur 1 h $< 0,1$ fibre/cm³.

6.3.2. Caractérisation des matériaux

L'étude en laboratoire consiste dans un premier temps, en l'examen de l'échantillon sous loupe binoculaire et/ou par microscopie optique, afin de procéder à la description globale du matériau, suivie de la sélection et du prélèvement des constituants fibreux. La figure 6 montre un exemple de matériau industriel à base d'amiante tel qu'il peut être prélevé. Les consignes générales sont données par des documents COFRAC. Une procédure succincte de laboratoire est décrite ci-après.

Selon la présentation du matériau, l'identification de l'amiante peut être menée soit par microscopie optique en lumière polarisée (MOLP) dans les cas simples, soit par microscopie électronique à transmission analytique (META).

Microscopie optique en lumière polarisée (fig. 6)

- préparation d'une ou plusieurs lames minces en liqueur d'indice 1,51;
- examen en MOLP suivant la norme MDHS n° 77 de juin 1994 ;
- méthode non applicable à certains matériaux renforcés, aux fibres enrobées ou altérées, aux fibres de diamètre fin.

Microscopie électronique à transmission analytique

L'identification de l'amiante doit tenir compte des trois critères complémentaires de détermination suivants :

- faciès asbestiforme ;
- structure cristalline d'une amphibole ou du chrysotile ;
- composition chimique des fibres.

Des prises représentatives de l'échantillon sont broyées et déposées sur grilles de microscope électronique. Après reconnaissance du faciès asbestiforme, la détermination minéralogique est conduite par diffraction des électrons (structure cristalline) et par microanalyse chimique afin de préciser le minéral parmi l'ensemble des espèces appartenant au groupe des amphiboles ou de vérifier la chimie du chrysotile. La limite de détection des variétés d'amiante est évaluée à 0,05 % en condition standard d'analyse.

S'agissant de matériaux en place, les prélèvements présentent des situations simples :

- matériaux constitués d'amiante majoritaire ou pur (exemple fig. 7) ;
- matériaux homogènes, sans impuretés fibreuses douteuses, pour lesquels l'absence d'amiante en teneur supérieure à 0,05 % peut être garantie (cas des laines minérales par exemple) ;
- matériaux homogènes, contenant des phases fibreuses minoritaires (plâtres...) mais sans ambiguïté d'identification au laboratoire.

Des compléments d'observation peuvent être effectués par microscopie électronique à balayage, pour illustration de certains échantillons de matériaux.

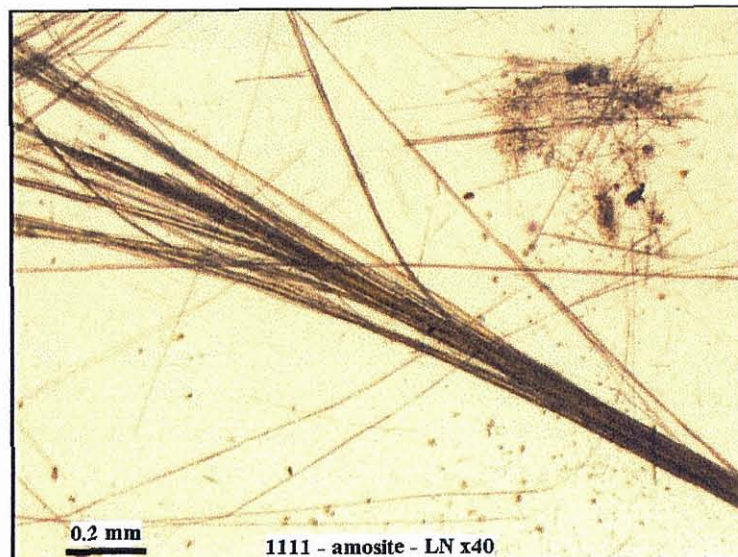


Fig. 6 - Fibres d'amosite vues au microscope optique (lumière naturelle analysée, photo BRGM).



Fig. 7 - Fibres d'amiante (1^o plan) sur fibres organiques.

6.3.3. Prévention et décontamination

Le risque majeur de contamination provient de la dégradation des flocages et des calorifugeages effectués dans plus de 10 000 bâtiments entre 1950 et 1978. Les récents décrets et arrêtés ministériels stipulent que, en fonction de l'état des matériaux dans les locaux, les propriétaires d'immeubles devront entreprendre les travaux correctifs nécessaires. Notons que la contamination résulte aussi de travaux ponctuels ou réguliers sur les produits amiantifères friables ou non.

Ces travaux peuvent être de trois sortes : imprégnation à coeur, encoffrement ou déflocage. Ils demandent le respect d'une série de règles d'intervention, précisées dans les textes réglementaires.

Le *déflocage* doit être envisagé quand le flocage est dans un état très détérioré, ou lorsque l'amiante est présent dans un site sujet à de nombreuses interventions possibles par la suite. Il demande des conditions très strictes, avec un équipement permettant d'obtenir une ambiance confinée et une mise en dépression des lieux, auxquels l'accès se fera par une succession de sas étanches. Cette méthode, apparemment la plus rassurante, ne permet toutefois pas de désamianter complètement certains sites, dans lesquels l'amiante est intégré dans des équipements complexes pratiquement impossibles à démonter et nettoyer. Rappelons aussi que la décontamination des bâtiments est obligatoire avant démantèlement.

Les techniques ne faisant pas appel à l'élimination de l'amiante sont nombreuses, de nouvelles méthodes étant mises au point au fur et à mesure des travaux et des recherches. On peut citer par exemple :

- le *doublage-encoffrement*, qui consiste à reconstituer une carapace (faux plafond, staff...) ou à projeter un enduit dur sur un treillis métallique mis en place au préalable. La dureté de la carapace ainsi constituée empêche les percements accidentels, mais ce genre de procédé ne peut être utilisé que si le support présente un état satisfaisant et si les interventions d'équipes d'entretien ne nécessitent pas de travailler dans la zone protégée ;
- l'*imprégnation-fixation*, pour fixer le flocage par injection de résines en surpression, qui peut être complétée par la pose de *revêtements en films minces* destinés à encapsuler les flocages d'amiante quand ils sont peu endommagés, tels les polymères appliqués en couches bloquant la dispersion des particules. Ces méthodes posent le problème de la durabilité et de leur comportement au feu ou des réactions chimiques pouvant se produire par la suite.

En réalité, la solution la plus sûre consiste probablement à combiner plusieurs traitements.

Les professionnels travaillant sur les chantiers de décontamination sont soumis à des conditions extrêmement contraignantes, car la protection individuelle est essentielle. Suivant la législation française pour les travaux de déflocage, ils doivent être équipés d'un masque complet à ventilation avec filtration assistée, d'une combinaison étanche avec cagoule, de gants de protection et de surbottes. Avant sortie des zones confinées, le personnel et le matériel sont nettoyés et décontaminés par douche et aspiration. Les déchets sont conditionnés en doubles sacs étanches avant d'être mis en conteneurs et évacués vers les centres de stockage ou d'inertage.

Le coût des travaux pour le seul désamiantage varie selon les cas, mais est estimé en moyenne entre 500 et plus de 1 000 F HT/m² par le CSTB, d'après l'exemple de chantiers déjà terminés. Le chiffre de 1 000 F/m² inclut le réfection de la protection incendie. Si on inclut le coût du diagnostic de maîtrise d'oeuvre, de contrôle et du traitement des déchets, c'est à une fourchette de 1 100 à 1 800 F HT/m² que l'on arrive.

L'exemple du campus de la faculté de Jussieu est le plus connu, dans la mesure où plus de 200 000 m² sur 450 000 devront faire l'objet d'un déflocage approfondi, travaux dont le coût a été estimé initialement à 880 MF. Ce campus accueille tous les jours 65 000 personnes, étudiants, chercheurs, enseignants et administratifs qui doivent être réinstallés au fur et à mesure dans d'autres locaux pendant les travaux de désamiantage par tranche commençant en 1997.

Dans les écoles, collèges et lycées, l'enlèvement ou le traitement des flocages est actuellement évalué à 1,8 milliard F, et concernera surtout les ateliers des établissements professionnels et les équipements sportifs. Ce coût concerne les travaux prioritaires par suite des diagnostics obligatoires achevés ou en cours. A terme, l'ensemble du patrimoine immobilier floqué à l'amiante sera décontaminé, soit pour cause de dégradation progressive des matériaux actuellement en état de conservation satisfaisante (diagnostics répétés à une fréquence de 2 ou 3 ans), soit avant le démantèlement des immeubles.

6.3.4 - Élimination des produits contenant de l'amiante

a) Flocages et calorifugeages

L'élimination de l'amiante mis en oeuvre dans les bâtiments pose le problème de la gestion des déchets. La circulaire ministérielle du 19 juillet 1996, précise les deux filières disponibles aujourd'hui en France :

- élimination dans des installations de stockage des déchets industriels spéciaux, sans stabilisation préalable ;
- vitrification conduisant à la destruction totale des fibres d'amiante.

Les procédés de vitrification sont pour l'instant peu nombreux et d'un coût assez élevé. Le seul qui soit opérationnel en France est le procédé Inertam de EdF.

Parmi les autres procédés de destruction, citons la transformation du chrysotile en forstérite, silicate de magnésium inerte, et la dissolution chimique à température élevée dans de la soude ou de l'acide fluorhydrique. Les recherches se poursuivent dans de nombreux pays pour améliorer ces méthodes et les rendre moins coûteuses.

Une autre alternative consiste à utiliser les déchets d'amiante comme source de magnésium. Des recherches en ce sens ont lieu au Canada, où Noranda va construire à Montréal une unité pilote de 200 t/an, qui utilisera un procédé par filtration, déshydratation et électrolyse pour extraire le magnésium, mais ce procédé concernera les déchets *miniers* d'amiante.

Par ailleurs, un laboratoire de l'université des sciences et technologie de Manchester, associé à l'industrie privée, fait des tests de production de magnésium par fusion d'un mélange contenant jusqu'à 40 % en poids de déchets d'amiante-ciment, par réduction silicothermique en four à haute température et pression atmosphérique. Les coûts de production seraient ainsi abaissés de 20 à 30 % par rapport aux méthodes conventionnelles.

Les préconisations actuelles s'orientent vers le stockage direct des déchets sous double enveloppe étanche, comme indiqué ci-après dans les annexes de cette circulaire.

ANNEXE I : CLASSIFICATION DES DECHETS

Les déchets contenant de l'amiante résultant des travaux imposés par le décret n°96-97 du 7 février 1996 peuvent être divisés en trois catégories :

- déchets de matériaux (flocages, calorifugeages seuls ou en mélange avec d'autres matériaux et autres déchets non décontaminés sur place sortant de la zone confinée),
- déchets de matériels et d'équipements (sacs d'aspirateurs, outils et accessoires non décontaminés, filtres usagés du système de ventilation, bâches, chiffons, matériel de sécurité (masques, gants, vêtements jetables...),
- déchets issus du nettoyage (eaux résiduaires non traitées, résidus de traitement des eaux, poussières collectées par aspiration, boues, résidus de balayage...).

Les eaux résiduaires comprennent les eaux des douches et les eaux de nettoyage...Elles devront faire l'objet d'un traitement approprié avant leur rejet au milieu naturel notamment au moyen d'une filtration (filtres à 5 µm) ou par toute autre disposition équivalente. Il est en effet interdit d'effectuer un rejet direct de ces eaux résiduaires. Ce traitement des eaux résiduaires génère également d'autres déchets que nous appelons "résidus de traitement des eaux".

Les déchets de flocages et de calorifugeages font partie de la liste des déchets dangereux établie par la décision du Conseil du 22 décembre 1994, en application de l'article 1er paragraphe 4 de la directive n°91/689/CEE du Conseil du 12 décembre 1991. Ils sont cités dans la rubrique "17 06 01 Déchets de construction et de démolition - Matériaux d'isolation contenant de l'amiante libre (poussières et fibres)".

Un projet de décret transposant ce texte est en cours d'élaboration. Les déchets précités figureront parmi les déchets industriels spéciaux.

De plus, tous les déchets contenant de l'amiante issus des travaux relatifs aux flocages et aux calorifugeages (déchets de matériaux, déchets de matériels et d'équipements, déchets issus du nettoyage) seront considérés comme déchets industriels spéciaux.

ANNEXE II : EVACUATION DES DECHETS :
CONDITIONNEMENT ET TRANSPORT

1. Conditionnement

Les déchets définis dans l'annexe I doivent être conditionnés de manière totalement étanche. Ils doivent être enfermés au niveau de la zone de travail dans un premier sac étanche. Celui-ci sera douché puis enfermé, au niveau de la zone de décontamination dans un second sac étanche. Cependant, d'autres techniques alternatives de conditionnement apportant des garanties d'étanchéité équivalentes ou meilleures peuvent être également admises.

Les déchets contenant de l'amiante libre (poussières et fibres) étant considérés comme des matières dangereuses, un emballage supplémentaire, conforme aux prescriptions du Règlement Transport des Matières Dangereuses par Route (RTMDR) sera nécessaire pour la manutention et le transport. Parmi les emballages demandés par le RTMDR figurent notamment les Grands Récipients pour Vrac (GRV) métalliques ou en plastique rigide, les GRV composites, les fûts en acier, aluminium ou plastique ainsi que les emballages combinés.

Dans le RTMD, les matières dangereuses sont rangées dans différentes classes de danger. Les déchets contenant de l'amiante libre sont classés dans la " Classe 9 : Matières et objets dangereux divers " :

- Classe 9 1° b) : amiante bleu (crocidolite) ou amiante brun (amosite ou myosorite)
ces deux matières ont pour numéro d'identification 2212
- Classe 9 1° c) : amiante blanc (chrysotile), actinolite, anthophyllite, trémolite
cette matière a pour numéro d'identification 2590

Suivant le classement (sous la lettre b ou c), le RTMDR précise les conditions d'homologation de fabrication et de marquage des emballages ainsi que le type d'étiquetage à respecter pour ces emballages en vue du transport. Les emballages doivent être homologués pour le conditionnement des matières dangereuses. Est notamment obligatoire l'apposition sur les emballages d'une étiquette "n° 9".

Néanmoins, la distinction entre les différents types d'amiante n'est pas demandée dans le décret n° 96-97 du 7 février 1996 relatif à la protection de la population contre les risques sanitaires liés à une exposition à l'amiante dans les immeubles bâtis. Les consignes d'étiquetage sur les chantiers de démolition ne reprennent pas cette distinction

Dans ce cas, c'est-à-dire si le type d'amiante est difficilement déterminable, les déchets seront classés par défaut sous l'identification 2212 correspondant à la Classe 9-1°b).

De plus, quel que soit le conditionnement étanche choisi, il devra faire figurer l'étiquetage "amiante" imposé par le décret n°88-466 du 28 avril 1988 relatif aux produits contenant de l'amiante modifié par le décret n°94-645 du 26 juillet 1994.

2 Transport

Divers textes réglementaires régissent le transport des déchets définis précédemment : l'arrêté du 17 octobre 1977, les textes relatifs au transport de déchets générateurs de nuisance et le Règlement du Transport des Matières Dangereuses par Route (RTMDR).

*** Arrêté du 17 octobre 1977**

Cet arrêté fixe des consignes de sécurité pour le transport de l'amiante : conditionnement en sac étanche, nettoyage des véhicules, déclaration de chargement portant la mention "amiante" délivrée au transporteur, limitation des émissions de poussières.

**Textes relatifs au transport des déchets générateurs de nuisance*

Les mouvements transfrontaliers de déchets générateurs de nuisance sont réglementés par le décret du 23 mars 1990 relatif à l'importation, à l'exportation et au transit de déchets générateurs de nuisances (modifié par le décret du 18 août 1992) et par l'arrêté du 23 mars 1990 relatif aux documents et formalités nécessaires à l'importation, à l'exportation et au transit de déchets générateurs de nuisances (modifié par l'arrêté du 18 août 1992).

De plus pour les transferts transfrontaliers, le règlement CEE n°259/93 du Conseil du 1er février 1993 concernant la surveillance et le contrôle des transferts de déchets à l'entrée et à la sortie de la Communauté européenne classe l'amiante (poussières et fibres) en liste rouge (catégorie RB 010) : ce transfert est alors soumis à autorisation écrite préalable.

Le transport des déchets générateurs de nuisance sur le territoire national est réglementé par le décret du 19 août 1977 relatif aux informations à fournir au sujet des déchets générateurs de nuisance et par l'arrêté du 4 janvier 1985 relatif au contrôle des circuits d'élimination de déchets générateurs de nuisance qui impose également la mise en place d'un bordereau de suivi.

** Textes relatifs à la sécurité des transports de marchandises dangereuses*

Les déchets contenant de l'amiante libre (poussière et fibres) sont considérés pour le transport comme des "marchandises dangereuses". Les textes suivants sont donc applicables aux transports de tels déchets :

- transports internationaux effectués par route : l'accord européen relatif au transport international de marchandises dangereuses (accord dit ADR), publié par décret n° 60-794 du 22 juin 1960, et dont les annexes A et B applicables depuis le 1er janvier 1995 ont été publiées par décret n° 95-500 du 12 avril 1995 ;
- transports nationaux effectués par route : le règlement pour le transport des matières dangereuses par route (RTMDR) approuvé par arrêtés du ministre chargé des transports en date du 15 septembre 1992 et du 12 décembre 1994 (JO du 27 décembre - document administratif n° 113) ;
- transports internationaux effectués par voie de chemin de fer : le RID, ou règlement du transport international ferroviaire des marchandises dangereuses, publié par décret n° 95-499 du 12 avril 1995 ;
- transports nationaux effectués par voie de chemin de fer : le règlement pour le transport des matières dangereuses par chemin de fer (RTMDF) approuvé par arrêtés du ministre chargé des transports en date du 3 juin 1994 et du 29 juin 1995 (JO du 26 septembre - document administratif n° 77) ;
- transports effectués sur le Rhin et la Moselle : l'ADNR, ou règlement pour le transport de matières dangereuses sur le Rhin, publié par décret n° 95-812 du 14 juin 1995 ;
- transports effectués par d'autres voies de navigation intérieure : le règlement pour le transport des matières dangereuses (RTMD) approuvé par arrêté du ministre chargé des transports en date du 15 avril 1945, et modifié notamment par l'arrêté du 17 octobre 1977 (consignes de sécurité concernant le transport de l'amiante).

Tous ces textes se superposent aux réglementations applicables de façon générale aux transports (tels que le code de la route, la réglementation communautaire sur le temps de conduite et de repos, etc.).

Ces règlements précisent les prescriptions relatives à la signalisation des engins de transport, à la conformité et à l'équipement des véhicules, à la formation des chauffeurs et aux règles de circulation. Ce règlement précise également qu'un document de transport doit être élaboré : il doit mentionner la classification de la matière transportée, le nombre de colis, la quantité totale, l'expéditeur et le destinataire. Dans le cas particulier des déchets concernés, le bordereau de suivi défini par l'arrêté du 4 janvier 1985 relatif au contrôle des circuits d'élimination des déchets générateurs de nuisance tient lieu de document de transport.

Si le poids, emballage compris, des déchets contenant de l'amiante chargés en France dépasse 3 tonnes, il y a lieu d'apposer l'étiquetage n° 9 à l'arrière et sur les deux côtés du véhicule.

b) Amiante-ciment

La circulaire du ministère de l'Environnement, en date du 09 janvier 1997, dont les annexes sont jointes, précise en ce qui concerne les produits en amiante-ciment, le mode de classification des déchets, leur évacuation, le conditionnement et le transport, leur élimination et leur stockage.

ANNEXE I : Classification des déchets d'amiante-ciment

Les quantités mises en jeu dans les différents secteurs sont les suivantes :

- pour l'industrie, les points de vente et les entrepreneurs :

Les stocks invendus de l'industrie et du négoce qui deviennent des déchets à partir du 01.01.97 (date d'interdiction de la mise en vente) représenteraient 50 000 à 100 000 tonnes pour les différents sites industriels, les points de vente et les entrepreneurs du bâtiment .

- pour les travaux issus du secteur du bâtiment et des travaux publics :

La production annuelle de déchets d'amiante-ciment atteindrait 400 000 tonnes.

Ces déchets peuvent être divisés en plusieurs catégories :

- déchets issus des travaux relatif à la réhabilitation et à la démolition dans le secteur du bâtiment et des travaux publics :

- déchets de matériaux : plaques ondulées, plaques support de tuiles, ardoises en amiante-ciment, produits plans, tuyaux et canalisations ...

Cette catégorie regroupe :

- les éléments palettisables ou pouvant être conditionnés en racks,
- les autres éléments contenant de l'amiante-ciment en vrac (autres que ceux présents et dispersés dans des gravats issus de travaux de démolition et de réhabilitation et autres que les débris et poussières)

- déchets de matériels et d'équipements (équipements de protection individuels jetables, filtres de dépoussiéreurs..),

- déchets issus du nettoyage (débris et poussières...).

- produits en amiante-ciment destinés à l'origine au secteur du bâtiment et des travaux publics, invendus ou retirés de la vente

ANNEXE II : Evacuation des déchets - Conditionnement et transport

1. Conditionnement

Les déchets issus du nettoyage et les déchets de matériels et d'équipement seront conditionnés comme les déchets issus des travaux relatifs aux flocages et aux calorifugeages dans le bâtiment (circulaire n° 96-60 du 19.07.96). Ils seront ainsi placés dans une double enveloppe étanche qui sera elle-même placée dans un grand récipient pour vrac (GRV).

Les plaques, ardoises et produits plans devront, dans la mesure du possible, être *palettisés*. Les tuyaux et canalisations seront *conditionnés en racks*.

Les autres éléments en vrac (autres que les débris et poussières) seront déposés dans des bennes qui recevront exclusivement des déchets d'amiante-ciment. Ces bennes seront bâchées. Ces déchets seront conditionnés de façon à ce qu'un contrôle visuel puisse être exercé lors de leur arrivée sur l'installation de stockage. L'utilisation de grand récipient pour vrac transparent s'adaptant à la forme de la benne ou tout moyen équivalent pourra être utilisé à cet effet.

De plus, quel que soit le conditionnement choisi, il devra faire figurer l'étiquetage "amiante" imposé par le décret n° 88-466 du 28 avril 1988, modifié, relatif aux produits contenant de l'amiante.

2. Transport

Le transport devra s'effectuer de façon à limiter les envois de fibres. A cet effet, le chargement devra être bâché.

Un bordereau de suivi des déchets d'amiante-ciment, que vous trouverez en annexe IV accompagnera le chargement.

ANNEXE III : Elimination des déchets - Stockage

- L'installation de stockage recevant des déchets d'amiante-ciment devra être clôturée.
- Le déchargement, l'entreposage éventuel et le stockage des déchets seront effectués de manière à limiter les envols de poussières.

A cet effet, les déchets transportés en vrac en benne sont, lors de leur déversement, aspergés avec un brouillard d'eau ou traités par une autre technique adaptée permettant d'éviter les envols.

Si le site dispose d'une aire d'entreposage de déchets en vrac, celle ci doit être aménagée de sorte que les envols et migrations de fibres et poussières soient évités. L'entreposage peut être envisagé pour accueillir les déchets en faible quantité ou les déchets des particuliers, mais la dépose directe en alvéole de stockage sera privilégiée chaque fois que cela est possible.

Les déchets conditionnés en palette, en racks ou en grand récipient pour vrac souple sont déchargés avec précaution avec des moyens adaptés.

- Les déchets sont stockés dans des alvéoles dédiées aux déchets contenant de l'amiante et isolées d'éventuelles zones adjacentes de collecte de biogaz ou de lixiviats.
- La mise en oeuvre du stockage doit s'effectuer de façon à atteindre les objectifs suivants : stabilité mécanique de l'alvéole et limitation des envols de fibres.

Afin d'éviter les envols de fibres, les opérations de compactage ou de confinement nécessaires à la stabilité du site ne peuvent être effectuées directement sur les déchets déposés dans les alvéoles. Une couche de terre, de sable ou un moyen équivalent jouant le rôle de couche intermédiaire, présentant une épaisseur ou le cas échéant une résistance, suffisante, devra être mis en place sur chaque couche de déchet, avant d'effectuer les opérations de tassement ou de compactage.

Les envols seront limités au maximum par couverture quotidienne de la zone exploitée de l'alvéole.

Le fond de forme de l'alvéole sera en pente et drainé gravitairement vers le point de rejet.

- Un plan du site, tenu à jour, doit permettre de localiser les alvéoles de stockage afin d'en conserver la mémoire. Ces alvéoles seront également repérées topographiquement sur le site.
- La procédure d'accueil et d'orientation des lots doit permettre d'assurer la traçabilité du déchet.

Chaque chargement doit être accompagné d'un bordereau de suivi des déchets conforme à celui décrit en annexe IV. Une fiche permettant l'archivage des informations contenues sur ce bordereau sera remplie par l'exploitant, conservée et tenue à la disposition de l'administration.

Un plan à jour du site doit indiquer pour chaque alvéole, l'origine et le tonnage des déchets ainsi que les dimensions, la localisation et les dates d'exploitation des alvéoles dédiées.

Le contrôle à l'admission est visuel.

- La couverture finale du site doit être réalisée de sorte à limiter à long terme le réenvol de poussières de déchets d'amiante-ciment stockés dans les alvéoles dédiées. Différentes techniques utilisant des matériaux naturels ou artificiels peuvent être retenues sous réserve qu'elles conduisent à un réaménagement final du site acceptable sous l'angle de l'intégration paysagère.

6.4 - PRODUITS DE SUBSTITUTION ET RECONVERSION DES UTILISATEURS D'AMIANTE

6.4.1 - Produits de substitution

Le problème des matériaux de substitution à l'amiante est très complexe, du fait du grand nombre d'utilisation de ce produit, environ 3000, et également de ce qu'aucune autre substance ne réunit à elle seule autant d'avantages: incombustibilité, isolation phonique et thermique, résistance à la traction, à la corrosion, et propriétés diélectriques.

Des produits de substitution à l'amiante existent bien, mais leurs performances techniques sont dans l'ensemble moins bonnes, à caractéristiques physico-chimiques et à coûts équivalents.

Mentionnons qu'il existe des amiantes de synthèse, mais les fibres obtenues sont courtes, le prix de revient élevé, et les effets sur la santé identiques à ceux de l'amiante naturel.

Les matériaux de substitution à l'amiante peuvent être classés en fibreux et non-fibreux, les principaux d'entre eux étant :

<i>Fibreux</i>	<i>Non-fibreux</i>
wollastonite	
sépiolite	
palygorskite	silice
fibre aramide	silicate de Ca
fibre de carbone	diatomite
fibre de cellulose	graphite
fibre céramique	muscovite
fibre de verre	perlite
fibre de nylon	serpentinite
fibre de polyéthylène	talc
fibre de polypropylène	vermiculite
fibre de carbure de silicium	
fibre de sulfate de magnésium	
fibre d'acier	

Pour remplacer en particulier l'amiante dans la *protection anti-incendie* et l'*isolation*, il existe plusieurs solutions comme le plâtre, efficace mais qui pose des problèmes de surcharge et de tenue en surépaisseur, ou les produits fibreux, laine de verre ou de roche, pratiquement incombustibles, mais qui sont suspectés de présenter des risques analogues à ceux de l'amiante, de même que les autres fibres telles que fibre de verre et de carbure de silicium, fibre aramide, de céramique réfractaire, de sulfate de magnésium etc.

En ce qui concerne les substituts aux produits manufacturés type *amiante-ciment*, ils existent, mais dans tous les cas les produits sans amiante sont de 20 à 30 % plus chers. Ce peuvent être des fibres de verre renforcées, des polyamides, des fines aiguilles d'acier, qui permettent d'obtenir des produits aux caractéristiques proches de celles de l'amiante-ciment.

Une autre orientation possible consiste à remplacer le produit fini amiantifère par un produit différent, aux qualités différentes, mais qui puisse assurer les mêmes fonctions essentielles. On peut par exemple remplacer les tuyaux en fibro-ciment par des tuyaux en plastique au détriment de la résistance, ou les plaques ondulées de couverture par des tôles galvanisées au détriment de l'isolation etc. L'amiante utilisé dans l'*étanchéité* en pâte ou en joint a été remplacé par les produits siliconés et les composés organiques.

Dans l'industrie des *plastiques* (PVC, polyamides, résines thermodurcissables, polyépoxydes), plusieurs composants peuvent remplacer l'amiante : l'un d'entre eux est la wollastonite CaSiO_3 , minéral naturel fibreux ou en particules fines, qui peut être employé comme charge pour améliorer la stabilité dimensionnelle, la dureté, l'isolation thermique et électrique et la résistance aux agents chimiques et à l'humidité, mais qui présenterait également des propriétés nocives, et dont l'usage pourrait être limité ou prohibé. L'ensemble des substituts fibreux risque donc d'avoir un rôle éphémère, s'il est établi qu'ils sont également nocifs.

Le tableau suivant rassemble les différentes solutions possibles de substitution, d'après l'exemple des USA et des pays européens :

UTILISATION	PROPRIÉTÉS	MATÉRIAUX DE SUBSTITUTION	PRODUIT DE REMPLACEMENT
plaques fibro-ciment	résistance traction-tension/corrosion	fibres de verre, fonte, polyvinylalcool + cellulose (PVA),	tôle galvanisée, placoplâtre,
tuyau fibro-ciment	résistance traction-tension/corrosion	fibres de verre, de roche, fonte	PVC, fonte, béton
couverture de toit	flexibilité, résistance corrosion, isolation	fibres de verre	tôle galvanisée, ardoise, shingle, tuile
produits de friction, garnitures de frein	incombustibilité, résistance échauffement, durabilité, faible coût	carbone, fibres de verre et de céramique + polyaramide et mousse d'acier	composite carbone, freins semi-métalliques
isolation	isolation thermique et phonique	laines minérales	perlite, vermiculite, polyuréthane
emballage, joint d'étanchéité	flexibilité, isolation	polystyrène, fibres aramides (KEVLAR), fibres de roche	carton ondulé, polystyrène, silicones
revêtement de sols (linoléum)	isolation phonique, anticorrosion	talc, craie, dolomie	moquette, dalle, caoutchouc
matières plastiques	résistance traction, anticorrosion etc.	charges minérales, fibres de verre	-
textiles	incombustibilité, isolation	laines d'ardoise, Nomex, fibres synthétiques aramides, de verre et fibres céramiques	-
produits papetiers	incombustibilité	mica, alumine, fibres céramiques ou de verre, wollastonite	papier d'aluminium

Tabl. 13 - Récapitulatif des produits de remplacement et des matériaux de substitution à l'amiante.

6.4.2 - Reconversion des entreprises utilisant de l'amiante

Après avoir dans un premier temps réduit les risques liés à l'utilisation de l'amiante dans leurs processus de fabrication par des moyens tels que des systèmes d'aspiration, d'enrobage des fibres, les industriels concernés doivent maintenant remplacer totalement l'amiante par des produits de substitution à échéance du 1^{er} janvier 1997. Ces mesures concernent principalement une quinzaine de sociétés, et touchent 3 500 personnes. Selon le type d'activité et les moyens des entreprises, les mesures envisagées diffèrent.

Le tableau 14, qui reprend celui des principales sociétés françaises faisant entrer l'amiante dans leur processus de fabrication, montre quelles sont les solutions de

reconversion envisagées. Le secteur le plus important est celui de l'amiante-ciment, dont le CA a été de 1,4 milliard de francs en 1995.

Sociétés	Domaines d'activité	SOLUTIONS ENVISAGÉES
ETERNIT (groupe Etex)	couverture/canalisations	<u>plaques et panneaux</u> : accélération du programme de reconversion entamé par les usines de Thiant, Vitry-en-Charollais, Albi et Rennes, pour fabrication de fibre-ciment sans amiante (NATURA), fermeture de l'usine de Triel (78) <u>canalisations</u> : pas de solution
EVERITE (Saint-Gobain)	couverture	production de composite ciment-verre à Descartes (Indre-et-Loire) et montée en puissance de Dunkerque avec Novotech (mise au point d'un composite ciment-fibre de verre, disponible mi-97)
PONT-A-MOUSSON SA (Saint-Gobain)	canalisations	arrêt prochain de la production dans la Drôme
SCREG (Bouygues)	revêtement routier	remplacement de l'amiante par des fibres végétales
ALLIED SIGNAL	garnitures de frein	conversion déjà opérée à 95 %, et à 100 % en 1997
FERODO-ABEX (TNN)	garnitures de frein	accélération de la conversion, plan social pour augmenter la productivité
FLERTEX	garnitures de frein	pas de réponse
FREIX	garnitures de frein	bénéficie de la dérogation pour les poids-lourds
FERLAM	textile	dépôt de bilan en juin 1996 suite à la chute des ventes
VTN	textile	solutions internes depuis 3 ans
PORTERET Beaulieu Ind.	textile, isolation	pas de réponse
SILITEX	textile	recherche de solutions de remplacement
LATTY Intern. Sofajoint	étanchéité	recherche de solutions si dérogations non obtenues

Tabl. 14 - Sociétés concernées par l'interdiction de l'amiante en France et solutions envisagées (d'après l'Usine Nouvelle du 11-07-96).

Il est à noter que les dérogations concernant les freins pour poids-lourds et les vêtements ignifugés laissent un certain répit aux entreprises respectivement concernées (jusqu'en 1998 ou 2002 selon les cas).

Conclusion et perspectives

Après un siècle de production et de consommation industrielle de l'amiante (s.l.), qui ont culminé dans les années 60 à 70, les effets des fibres sur la santé humaine provoquent actuellement une opposition de plus en plus générale à son utilisation dans les principaux pays industrialisés. Cette opposition va jusqu'à l'interdiction quasi-totale des produits contenant de l'amiante, comme c'est le cas en France à partir de 1997, date à laquelle des solutions devront être trouvées pour remplacer totalement les fibres d'amiante avant 2002.

Ce mouvement, qui n'est pas encore généralisé à l'échelle mondiale, a pour effets économiques principaux :

- une baisse contrastée de la production mondiale, qui devrait se stabiliser vers 2 Mt pendant les cinq années à venir, certains pays maintenant ou augmentant leur production, d'autres la diminuant ou l'arrêtant complètement ;
- une activité importante, en France, en Europe de l'Ouest et en Amérique du Nord, d'identification de la présence d'amiante dans les bâtiments publics ou privés, avec mesures de préventions et travaux adaptés pour confiner ou éliminer l'amiante dans les bâtiments concernés ;
- dans de nombreux pays, développement d'une activité technologique de recherche pour traiter ou conditionner les déchets après leur élimination.

(Les problèmes de santé publique liés aux maladies provoquées par l'inhalation des fibres d'amiante relèvent d'un domaine qui n'entre pas dans le cadre du présent ouvrage).

Cette activité "post-utilisation" de l'amiante devrait se dérouler pendant de nombreuses années en France, mais ses différents aspects, technique et juridique notamment, ne sont pas encore définitivement fixés à l'heure actuelle.

Références bibliographiques

- Afzali H., Odent B.. (1988) - Mémento Roches et Minéraux Industriels. L'amiante. Rap. BRGM 88 SGN 718 GEO.
- Berton P. (1996) - Ancienne exploitation d'amiante de Canari (Haute-Corse). Hiérarchisation des problèmes et définition des priorités de réhabilitation. ENSM St-Etienne.
- BGS - World Mineral Statistics 1988-1992, 1990-1994. Nottingham, G.B.
- BRGM (1995) - Carte minière de la France métropolitaine à 1/1000 000. Notice explicative.
- Chemical Engineering (1995) - How to make magnesium from asbestos waste. V.102, N° 10, Oct. 1995, p. 27.
- COFRAC (1996) - Essais concernant la recherche d'amiante dans les matériaux et l'air. Programme 144. Révision 002-11-96.
- COMEXT-EUROSTAT (1996) - Statistique du commerce de l'Union Européenne. Luxembourg.
- Crowson Ph. - Asbestos. Minerals Handbook 1994-95. Bath Press, Avon, GB.
- CSTB coll. (1996) - Cahier 2895. Les déchets d'amiante en Europe.
- European Minerals Yearbook. (1995) - Asbestos, Roskill. London.
- Federal Register (1995) - Occupational Safety and Health Administration. Occupational exposure to asbestos. V. 60, N°189, Sept. 29, 1995, pp. 50411-50413. USA.
- Gibbens R. (1995) - Noranda to produce magnesium from asbestos waste. Financial Times, Mar. 9, 1995.
- Industrial Minerals - Metals and Minerals Annual Review 1995, 1996: Asbestos. London.
- Industrial Minerals, Aug. 1994 - Brazil: environmental audit at Minacu asbestos mine, p. 9.
- Industrial Minerals, Mar. 1995 - LAB halts asbestos output at BC/Beaver, p. 10.

Industrial Minerals, Sep. 1994 - Fibres under fire, p. 15.

Industrial Minerals, May 1992 - Change to asbestos price, p. 163.

INSERM (1996) - Effet sur la santé des principaux types d'exposition à l'amiante. Paris

Lenglet R. (1996) - L'affaire de l'amiante. Editions La Découverte. Paris.

L'Usine Nouvelle N° 2557 (11 juillet 1996) - Amiante: une reconversion déjà bien entamée.

Ministère de l'Industrie - Office des Matières Premières. Chiffres clés 1995. Paris

Ministère de l'Economie et des Finances - Statistiques du Commerce extérieur de la France. (1990 à 1995).

Le Moniteur :

- N° 4810 (2 février 1996) - Dossier AMIANTE: un danger, un marché, pp. 38-45.

- N° 4833 (12 juillet 1996) - Amiante interdite: les conséquences pour la construction, p.12-13.

- N° 4834 (19 juillet 1996) - Etablissements scolaires. Le traitement de l'amiante coûtera 1,8 milliard. Université: Fermeture programmée pour Jussieu, p.16.

- N° 4846 (11 octobre 1996) - Amiante: une estimation de la facture des travaux. p. 21.

- N° 4851 (15 novembre 1996) - Amiante: un revêtement pour encapsuler les flocages d'amiante, p. 105.

- N° spécial novembre 1996 - L'amiante-ciment totalement interdit, p. 74.

- N° 4856 (20 décembre 1996) - Amiante: peu de travaux dans les villes moyennes, p.7.

- N° 4857 (27 décembre 1996) - Les dix dossiers à suivre en 1997. Amiante: un traitement de longue haleine, p. 11.

Odent B.E. (1989) - L'or blanc canadien et les produits de substitution. Note BRGM DAM/PM/89/208/711

USBM-USGS. Mineral Commodity Summaries - Asbestos, January 1996.

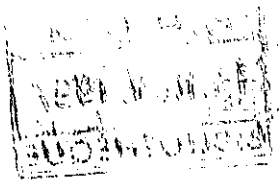
U.S. Geological Survey Publications. Asbestos. Mineral Industry Surveys, annual review, July 1996.

Virta R.L. (1992) - Asbestos. Minerals Yearbook. USBM. 1991.

Virta R.L. (1992) - Asbestos substitutes. Matching performance. Industrial Minerals, December 1992.

Virta R.L. and Mann E.L. (1994) - Asbestos. Industrial Minerals and Rocks. 6th Edition. pp. 97-124. Society for Mining, Metallurgy and Exploration. Littleton. Colorado.

Virta R.L. (1996) - Asbestos. Minerals Yearbook. USBM. 1994.



BRGM
SERVICE MINIER NATIONAL
Département Procédés, Etudes et Analyses
BP 6009 - 45060 ORLEANS cedex 02 - France - Tél.: (33) 02 38 64 34 34