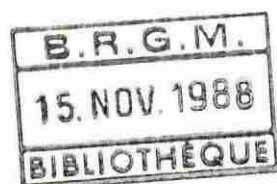




BRGM

mémento roches et minéraux industriels

l'amiante





mémento roches et minéraux industriels

l'amiante

H. Afzali
B. Odent

septembre 1988
88 SGN 718 GEO

BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES
SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL
Département Géologie
Service Roches et Minéraux Industriels
B.P. 6009 - 45060 ORLÉANS CEDEX 2 - France - Tél.: (33) 38.64.34.34

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
I - ECONOMIE ET MARCHÉ	2
1.1 - Marché français	2
1.2 - Marché international	3
1.2.1 - <u>Production</u>	3
1.2.2 - <u>Exportations</u>	3
1.2.3 - <u>Importations</u>	9
1.2.4 - <u>Consommation apparente</u>	9
1.3 - Prix	11
2 - GEOLOGIE	12
2.1 - Principaux types de gisements	12
2.1.1 - <u>Contexte ultrabasique serpentinisé</u>	12
2.1.2 - <u>Contexte des formations calcaires</u> <u>dolomitiques serpentinisées</u>	14
2.1.3 - <u>Autres types de gisements</u>	14
2.2 - Principaux gisements mondiaux	15
2.3 - Gisements français	15
3 - SECTEURS D'UTILISATION	21
3.1 - Fabrication de l'amiant-ciment	22
3.2 - Industrie textile	23
3.3 - Utilisation à l'état brut	23
3.4 - Papier d'amiant	23
3.5 - Autres utilisations	24

4 - SPECIFICATIONS ET CRITERES DE SELECTION	24
4.1 - Principales spécifications	24
4.1.1 - <u>Composition chimique</u>	24
4.1.2 - <u>Longueur des fibres</u>	24
4.1.3 - <u>Principales propriétés des fibres d'amiante</u>	24
4.1.4 - <u>Normes françaises et américaines relatives</u> <u>aux utilisations de l'amiante</u>	29
4.1.5 - <u>Textes législatifs concernant la protection</u> <u>sanitaire</u>	32
4.2 - Critères liés aux gisements	33
5 - MODES D'EXPLOITATION ET TRAITEMENT	33
6 - PRODUITS DE SUBSTITUTION	35
7 - TENDANCES ET PERSPECTIVES	38
BIBLIOGRAPHIE	40

FIGURES

Fig. 1 - Répartition de la production et consommation d'amiante dans le monde	10
Fig. 2 - Principaux gisements d'amiante dans le monde	13
Fig. 3 - Les gîtes d'amiante de la France	20
Fig. 4 - Utilisations de l'amiante dans le monde et en Amérique du Nord	25
Fig. 5 - Schéma du traitement pratiqué par "Asbestos Corporation" Québec	36

TABLEAUX

Tableau 1 - Importations et les exportations d'amiante en France de 1977 à 1986	2
Tableau 2 - Evolution de la production mondiale d'amiante de 1977 à 1985	4
Tableau 3 - Marché international de l'amiante	5
Tableau 4 - Principaux producteurs mondiaux, localisation des carrières et des usines, capacité des productions	16
Tableau 5 - Composition chimique théorique des amiantes	24
Tableau 6 - Classification de la longueur des fibres de chrysotile .	26
Tableau 7 - Classification des fibres de chrysotile	27
Tableau 8 - Principales caractéristiques des fibres d'amiante	28
Tableau 9 - Normes françaises AFNOR relatives aux utilisations "Bâtiment" de l'amiante	29
Tableau 10 - Normes américaines ASTM relatives à l'amiante	31

INTRODUCTION

Représentant la quasi-totalité de l'amiante utilisée dans l'Industrie, le chrysotile-asbeste est un silicate hydraté de magnésium qui se forme généralement dans un contexte de roches ultrabasiques serpentinitées.

Ses caractéristiques essentielles sont de cristalliser sous la forme de longues fibres flexibles présentant une faible conductibilité thermique. Il est donc utilisé dans le tissage de revêtements réfractaires, la fabrication des garnitures de freins et dans l'industrie des matériaux de construction en amiante-ciment.

Responsable d'une maladie spécifique, l'asbestose, son développement industriel est fermement limité depuis de nombreuses années.

1 - ECONOMIE ET MARCHÉ

1.1 - Marché français

Après l'arrêt de la production française vers 1980, la consommation intérieure est assurée par des importations en provenance du Canada, d'URSS, d'Italie, d'Afrique du Sud et de Grèce (en 1984, respectivement 30 810 t, 26 268 t, 8 136 t, 1 601 t et 1 124 tonnes).

Le tableau 1 ci-après regroupe les importations et les exportations françaises de 1977 à 1986. Il faut noter une nette diminution des importations : 114 790 t en 1977 à 63 873 tonnes en 1985, alors que les exportations restent faibles et relativement stables (400 à 3 000 t/an).

Tableau 1 - les importations et les exportations d'amiante en France de 1977 à 1986 (données statistiques douanières ; (*) estimations de la Chambre Syndicale de l'Amiante).

	IMPORTATIONS		EXPORTATIONS	
Année	Quantité (t)	Valeurs (kF)	Quantité (t)	Valeurs (kF)
1977	114 790	233 857	1 647	3 250
1978	110 612	235 210	532	1 463
1979	126 476	266 296	1 348	2 677
1980	127 123	301 377	1 574	4 774
1981	102 318	297 129	1 331	4 154
1982	83 639	272 651	1 586	4 915
1983	76 265	297 571	3 195	9 187
1984	70 170	279 613	921	4 937
1985	63 873	242 278	979	5 166
1986(*)	65 067	N.C	438	N.C

1.2 - Marché international

1.2.1 - Production

Après une nette diminution de 1977 à 1982 (5,5 à 4,2 millions de tonnes), la production mondiale paraît être stabilisée aux environs de 4 millions de tonnes/an (cf. tableau 2).

Les pays producteurs peuvent être divisés en trois groupes en fonction des quantités produites en 1985 :

- forte production : l'URSS (50 % de la production mondiale)
le Canada (20 % de la production mondiale)

- production moyenne (dans l'ordre) : l'Afrique du Sud, la Chine, le Brésil, le Zimbabwe, l'Italie, les Etats-Unis, la Grèce, le Swaziland et Chypre.

- faible production : une dizaine de pays consommant généralement leurs propres productions (Australie, Colombie, Japon, Taiwan, etc ...).

1.2.2 - Les exportations

Les exportations proviennent essentiellement des pays producteurs et en particulier du Canada : 88 à 95 % de sa production sont exportés soit environ 750 000 t. Les autres exportateurs sont (cf. tableau 3) :

l'URSS : 2 à 300 000 t/an

l'Afrique du Sud : 160 à 180 000 t/an

le Zimbabwe : 155 000 t/an

les USA : 120 000 t/an

Tableau 2 - Evolution de la production mondiale d'amiante de 1977 à 1985 (en tonnes)

sources : J. LEFOND (1983) : Industrial Minerals and Rocks.
Engineering and Mining Journal-Mars 1985 et Juillet 1986
Minerals Yearbook - 1985

	Pays	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
AMERIQUE DU NORD	Canada	1 509 000	1 426 000	1 501 000	1 323 053	1 121 845	834 249	858 000	836 655	744 000
	USA	91 900	92 986	89 000	80 079	75 618	63 515	69 900	57 420	61 000
	URSS	2 630 000*	2 440 000*	2 290 000*	2 000 000*	2 100 000*	2 200 000*	2 300 000*	2 450 000*	2 500 00*
EUROPE	Italie	149 957	139 978	134 989	157 794	137 086	116 410	139 054	147 280	135 00
	Yougoslavie	8 981	9 979	9 979	10 468	12 206	10 748	10 502	8 555	8 000
	Grèce	-	-	-	-	457	17 016	31 811	45 376	48 000
	Bulgarie	-	-	-	700	400	600	700	600	600
AFRIQUE	R. Afrique du Sud	380 200	258 000	249 000	277 734	235 943	211 860	221 111	167 390	160 000
	Zimbabwe	273 000	249 000	260 000	250 900	247 600	194 400	153 000	160 000	175 000
	Swaziland	44 984	37 000	34 019	32 833	35 264	35 000	26 287	30 000	30 000
ASIE	Afghanistan	13 970	13 970	3 991	-	-	-	-	-	-
	Chine	250 000	250 000	250 000	130 000	140 000	140 000	160 000	160 000	160 000
	Chypre	37 013	34 019	36 015	34 535	24 400	24 000	17 288	16 000	16 000
	Turquie	10 976	12 972	9 979	18 162	3 860	958	4 000	24 100	25 000
	Japon	6 985	5 987	3 991	3 897	3 500*	3 500*	4 000*	4 000*	4 000*
	Corée	5 987	13 970	14 968	9 857	13 065	15 933	12 506	8 060	10 000
	Indes	4 989	5 987	5 987	6 000*	6 000*	6 000*	6 000*	2 000*	2 000*
	Taiwan	3 000	1 996	2 993	683	2 317	2 500*	2 819*	2 500*	2 500*
	Birmanie	93 000	123 000	137 982	170 403	138 417	145 998	158 855	134 788	148 300
AMERIQUE DU SUD	Colombie	-	-	-	-	-	6 000	5 400	11 500	11 500
	Australie	50 983	62 958	79 015	92 418	45 494	18 587	2 137	-	-
TOTAL		5 564 925	5 177 802	5 112 908	4 599 516	4 343 472	4 047 274	4 183 370	4 266 164	4 240 900

Tableau 3 - Marché international de l'amiante (d'après Mineral Yearbooks-1985-modifié)

* : estimé

NC : non communiqué

Pays	1 9 8 3				1 9 8 4			
	Prod.	Exp.	Imp.	Cons. App.	Prod.	Exp.	Imp.	Cons. App
Albanie	-	-	1 964	1 964	-	-	1 699	1 699
Algérie	-	-	27 181	27 181	-	-	23 509	23 503
Argentine	1 240	5	14 152	15 387	1 093	4	15 022	16 111
Australie	2 137	4 583	-	6 720	-	22	-	-
Autriche	-	31	26 076	26 045	-	3	22 654	22 651
Belgique- Luxembourg	-	568	35 332	34 764	-	350	34 882	34 532
Brésil	158 855	11 750	7 772	154 877	134 788	19 716	3 791	118 863
Bulgarie	700	351	1 715	2 064	600	NC	269	869
Canada	858 000	753 911	454	104 543	837 000	795 853	326	41 473
Chine	160 000	3 050	834	157 784	160 000	2 808	600	157 792
Colombie	5 400	-	13 170	18 570	9 982	-	11 970	21 952
Chypre	17 288	13 416	369	4 241	7 429	8 216	297	-
Tchécoslovaquie	-	-	41 681	41 681	-	50	45 335	45 285
Danemark	-	9	16 585	16 576	-	1	13 536	13 535
Egypte	245	-	-	245	325	-	-	325

	1 9 8 3				1 9 8 4			
Pays	Prod.	Exp.	Imp.	Cons. App.	Prod.	Exp.	Imp.	Cons. App.
Finlande	-	-	2 561	2 561	-	-	3 157	3 157
France	-	3 195	76 265	73 070	-	921	70 170	69 249
Gabon	-	-	-	-	-	-	6	6
Allemagne de l'Est	-	-	47 000 *	47 000 *	-	-	53 800	53 800
RFA	-	34 261	188 857	154 596	-	14 928	74 438	59 510
Grèce	31 811	-	7 531	39 342	45 376	34 740	3 954	14 590
Hongrie	-	4 848	37 603	32 755	-	3 203	35 097	31 894
Indes	24 873	-	-	24 873	25 450	-	-	25 450
Indonésie	-	-	15 095	15 095	-	-	10 963	10 963
Iran	-	-	7 607	7 607	-	-	19 411	19 411
Irlande	-	176	4 729	4 553	-	197	5 687	5 490
Italie	139 054	61 164	41 620	119 510	147 272	57 659	41 421	131 034
Japon	4 000 *	677	237 413	240 736 *	4 000 *	431	239 747	243 316
Corée	12 506	-	113 305	125 811	8 062	-	59 693	67 756
Malaisie	-	28	23 146	23 118	-	1	1 850	1 849
Mexique	-	32	32 862	32 830	-	152	53 567	53 415

	1 9 8 3				1 9 8 4			
Pays	Prod.	Exp.	Imp.	Cons. App.	Prod.	Exp.	Imp.	Cons. App
Maroc	-	-	6 590	6 590	-	-	4 702	4 702
Hollande	-	243	5 751	5 508	-	217	8 357	8 140
Nouvelle-Zélande	-	-	1 897	1 897	-	-	1 861	1 861
Norvège	-	-	58	58	-	7	-	-
Pakistan	-	-	2 987	2 987	-	-	2 381	2 381
Philippines	-	-	2 385	2 385	-	-	1 663	1 663
Pologne	-	60	71 260	71 200	-	NC	69 361	69 361
Portugal	-	-	14 047	14 047	-	-	8 126	8 126
Roumanie	-	-	1 412	1 412	-	646	332	-
Arabie Séoudite	-	-	8 801	8 801	-	-	6 660	6 660
Afrique du Sud	221 111	183 946	12 781	49 946	167 389	163 107	20 913	25 195
Espagne	-	NC	NC	-	-	518	47 471	46 953
Suède	-	135	1 000*	865*	-	NC	1 000*	1 000*
Suisse	-	389	12 211	11 822	-	35	4 772	4 737
Taiwan	2 819	31	37 939	40 727	1 355	100	31 764	33 019
Thaïlande	-	-	55 967	55 967	-	-	66 545	66 545

Pays	1 9 8 3				1 9 8 4			
	Prod.	Exp.	Imp.	Cons. App.	Prod.	Exp.	Imp.	Cons. App
Tunisie	-	-	3 728	3 728	-	-	6 075	6 075
Turquie	1 510	-	20 575	22 085	1 499	100	21 872	23 271
URSS	2 250 000*	200 000*	-	2 050 000*	2 350 000*	350 000*	-	2 000 000*
Royaume-Uni	-	1 283	45 145	43 862	-	964	41 556	40 592
Vénézuela	-	3	4 734	4 731	-	3	8 013	8 010
Yougoslavie	10 502	2 152	45 656	54 006	8 556	2 220	45 490	51 826
Zaïre	-	-	325	325	-	-	531	531
Zimbabwe	153 000	161 177	-	-	165 000	155 385	-	9 615
Mozambique	800*	-	-	800*	800*	-	-	800*
Swaziland	26 287	25 500*	-	787*	25 832	24 829	-	1 003
Kenya	-	-	865	865*	-	-	530	530
Cuba	-	-	1 794	1 794	-	-	1 428	1 428
Singapour	-	8 692	10 215	1 523	-	6 715	9 951	3 236
Sri Lanka	-	-	7 243	7 243	-	-	5 057	5 057
Etats-Unis	69 900	54 236	196 387	212 057 ¹	57 420	NC	NC	NC
Total CEE	170 865	100 723	418 087	488 229	192 648	109 117	336 786	420 316
Total mondial	4 152 038	1 529 902	1 594 632	4 234 111	4 159 228	1 644 101	1 263 362	3 721 797

l'Italie : 60 000 t/an, etc ...

Certains pays réexportent, après traitement, de l'amiante brute importée tel que le Benelux, la France, la RDA, la Hongrie, la Grande-Bretagne et Singapour.

1.2.3 - Les importations

Environ soixante pays importent de l'amiante comme matière première en particulier pour l'industrie du bâtiment. Les produits manufacturés seront soit utilisés dans le pays importateur, soit exportés sous forme de produits finis (ardoises, tuyaux en amiante-ciment, revêtement de sols ...). Le Japon (235 000 t), les USA (180 000 t) et la RFA (120 000 t) sont les principaux pays importateurs, suivis par la Corée, la France, la Pologne, la Thaïlande, l'Allemagne de l'Est ... (cf. tableau 3).

1.2.4 - La consommation apparente

Il est difficile d'estimer la consommation apparente d'un pays donné lorsque celui-ci constitue un stock qui pourra être utilisé sur une ou plusieurs années. Le tableau 3 regroupe les consommations apparentes, calculées en soustrayant les exportations à la somme des acquis : productions + importations.

La consommation intérieure de l'URSS est nettement la plus importante, voisine de 2 millions de tonnes. Puis viennent dans l'ordre décroissant : le Japon (240 000 t), la Chine (160 000 t), l'Italie (130 000 t), les USA (130 000 t) etc ...

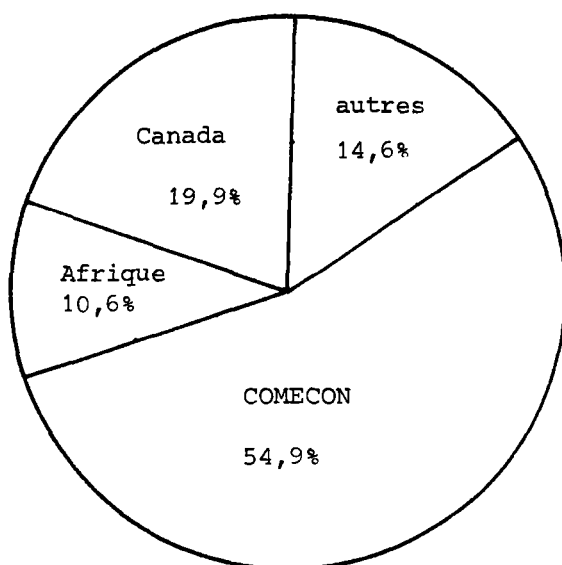
Les diagrammes ci-après (figure 1) indiquent la répartition de la production et de la consommation d'amiante dans le Monde.

Figure 1

Répartition de la production et de la consommation d'amiante
dans le Monde

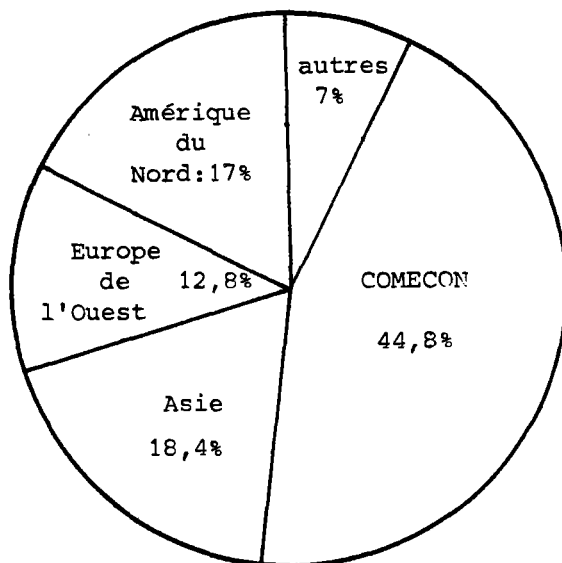
- 10 -

PRODUCTION MONDIALE D'AMIANTE EN 1983



Total
4,2 millions de tonnes
(Industrial minerals-1984)

CONSOMMATION MONDIALE D'AMIANTE EN 1981



Total:
4,7 millions de tonnes
(Industrial Minerals-1984)

1.3 - Les prix

Le prix de l'amiante est essentiellement lié à la longueur de sa fibre.

L'Association Minière de l'Amiante du Québec distingue huit groupes principaux se différenciant selon des critères physiques : longueur des fibres, résistance mécanique, couleur, densité, absorption, etc. Cette classification sert de base à la fixation des prix aux USA et en Europe.

Stables jusqu'en 1972, les prix ont plus que doublé entre 1973 et 1978. L'amiante canadienne importée en France valait 1 040 F/t en 1973 et 2 180 F/t en 1977. Pour sa part, l'amiante d'Afrique du Sud progressait de 1 340 F/t en 1973 à 4 000 F/t en 1977.

D'après les statistiques douanières françaises, le prix moyen de la tonne importée, toute origine confondue, était de 2 037 F/t en 1977 et de 3 793 F/t en 1985.

A l'exportation, la valeur moyenne de la tonne traitée en France atteignait 5 400 F/t en 1985. En Août 1987, les prix FOB du chrysotile canadien en lots palettisés, étaient de :

Groupe	Prix en \$ canadiens	Prix en F français (1C\$ = 4,7 FF)
groupe n° 3	1 550-2 500	7 285-11 750 F/t
groupe n° 4	1 080-1 500	5 076-7 050 F/t
groupe n° 5	710-840	3 337-3 948 F/t
groupe n° 6	520	2 444 F/t
groupe n° 7	160-310	752-1 457 F/t

d'après "Industrial Minerals - Août 87".

2 - GEOLOGIE

2.1 - Principaux types de gisements

Le chrysotile constitue environ 94 % de la production mondiale d'amiante, et sur cette somme, la quasi-totalité des gisements est située dans un contexte de roches ultrabasiques (Bates, 1969). La fraction restante est localisée dans des formations de calcaire dolomitique serpentinisé (cf. figure 2).

2.1.1 - Le contexte ultrabasique serpentinisé

Type 1 : type de gisements lié aux complexes ophiolitiques peu altérés. Ils représentent 0,5 % de la production mondiale avec 2 sites exploités :

- Amiandos à Chypre (Troodos mountain)
- Hatay en Turquie

Type 2 : lié aux complexes ophiolitiques disloqués par la tectonique orogénique. Ils sont actuellement peu exploités :

- Balangero en Italie
- Bou Azzer au Maroc
- Canari (Cap Corse).

Certains gisements turques et yougoslaves font partie de ce type.

Type 3 : complexe des zones cratonisées dont les déformations tectoniques ultérieures ont amené la formation d'amiante.

Type 4 : sills mis en place dans les complexes volcano-sédimentaires des zones orogéniques.

Ce type représente les grands gisements exploités au Canada :

- Jeffrey Mine
- Thetford Mines

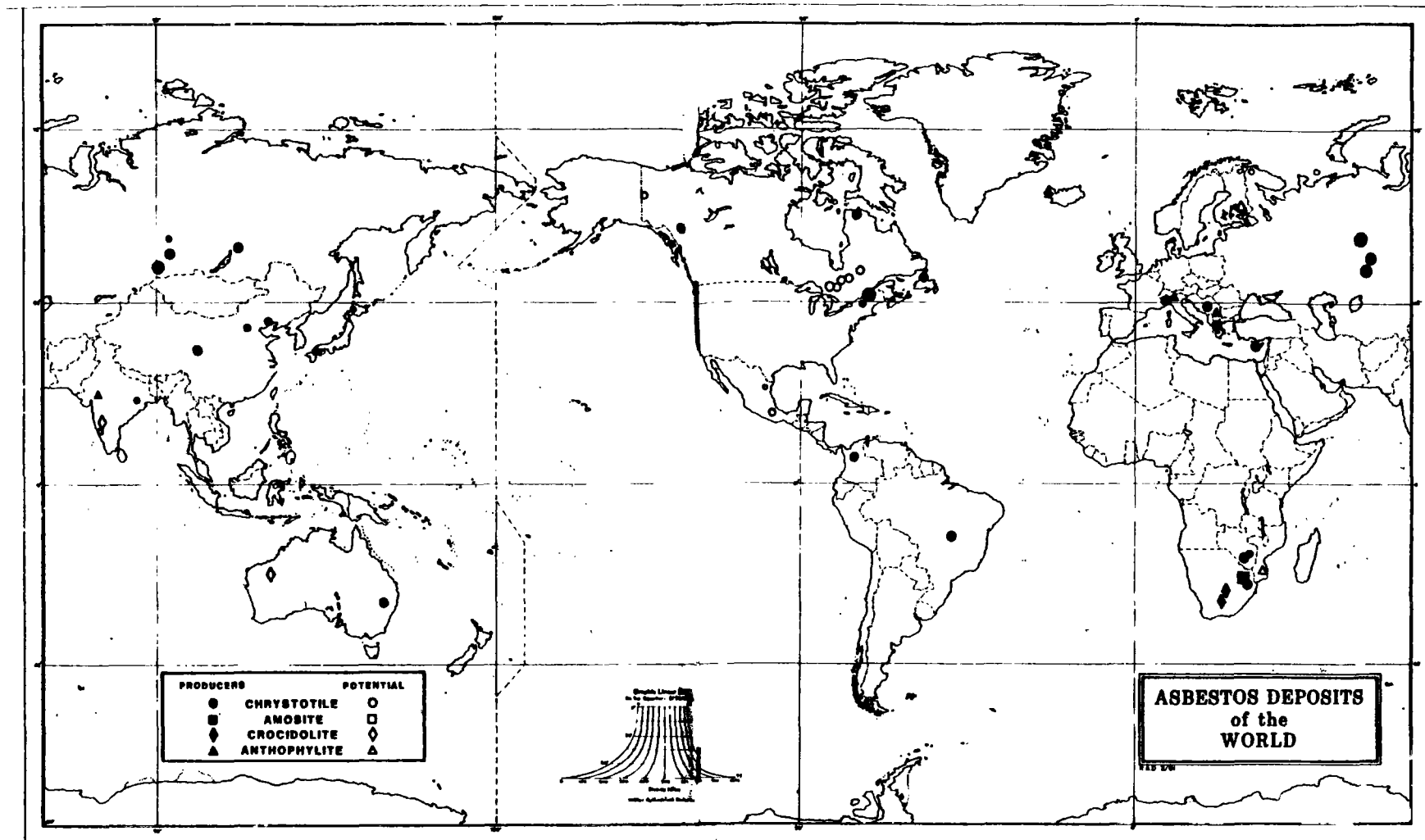


Figure 2 - Principaux gisements d'amiante dans le Monde.

- Permington, Abitibi et Chibougamau au Québec dans l'Oural (URSS) :

. Bazhenovo

. Krasnouralsk

- Kumbay en Afrique du Sud, en Australie, au Brésil ...

Le chrysotile se présente dans un réseau filonien avec des fibres perpendiculaires aux épontes mises en place pendant une phase de décompression.

L'âge des gisements est généralement anté-primaire (archéen, Protérozoïque supérieur), parfois primaire (dévonien).

2.1.2 - Le contexte des formations calcaires dolomitiques serpentinisés

Les gisements de ce type sont assez nombreux mais de taille réduite. Ils représentent 0,5 % de la production et 2 % des réserves mondiales. Des gisements sont répertoriés aux USA (Arizona), au Canada (Grenville), en URSS (Aspaga au Kazakstan), en Afrique du Sud, en Australie, aux Indes et en Chine.

2.1.3 - Autres types de gisements

- Gisements d'anthophyllite

A la différence du chrysotile, le métamorphisme est intense et en liaison avec des intrusions de granitoïdes.

Représentant moins de 1 % de la production mondiale, les principaux gisements se trouvent aux USA (Alabama, Caroline du Nord), au Brésil (Campestre) et en URSS (Oural et Kazakstan).

- Gisements d'amosite-crocidolite

Ils sont localisés dans un contexte de quartzites ferrugineuses

rubanées et résultent de la transformamtion d'amphiboles ferrifères. Représentant 1 % des réserves mondiales, les gisements connus se trouvent en Afrique du Sud (Le Cap, Koegas, Triansvaal Est, Penge) et en Australie (Hammersley, Witternoom ...).

2.2 - Les principaux gisements mondiaux

Le tableau 4 regroupe les données relatives aux principaux producteurs mondiaux d'amiante, avec la localisation des carrières et des usines, les capacités de traitement du minerai.

2.3 - Les gisements français

De nombreux gisements d'amiante existent en France dont certains ont été exploités, en particulier pendant la deuxième guerre. En 1977, une exploitation en Haute Maurienne produisait encore plusieurs centaines de tonnes par an.

Les gisements français ont en général des réserves limitées et des teneurs relativement faibles, voisines de 1 %.

Les gîtes répertoriés sont situés dans les contextes géologiques suivants :

- serpentinites de massifs anciens,
- serpentinites des massifs ophiolitiques de la nappe des Schistes Lustrés (Alpes et Corse),
- Lherzolites pyrénéennes.

Principaux gisements français (cf. fig. 3)

- Massif Armoricaïn (Loire Atlantique)

Tableau 4 - Principaux producteurs mondiaux d'amiante, localisation des carrières et des usines et capacités de production (d'après Industrial Minerals - données 1980).

<i>Company</i>	<i>Ownership</i>	<i>Mine/plant location</i>	<i>Products/capacity</i>	<i>Remarks</i>
THE AMERICAS				
Canada				
Asbestos Corporation Ltd.	General Dynamics Canada Ltd. — 54.65%	King-Beaver open pit, Thetford Mines, Quebec	All chrysotile 2.1m. tpa of ore	Total chrysotile fibre production capacity — 292,300 tpa
	Through Société Nationale de l'Amiante the Quebec government has purchased 51% of the voting shares in GDC	Normandie mill, Vimy Ridge, Quebec	83,800 tpa of fibre Groups 3-7	Group 3 — 4,100 tpa Group 4 — 162,000 tpa Group 5 — 73,300 tpa Group 6 — 29,400 tpa Group 7 — 23,500 tpa
		King-Beaver u/g mine, Thetford Mines, Quebec	1.1m. tpa of ore	
		Brit. Can. mill No. 1, Black Lake, Quebec	54,700 tpa of fibre Groups 3-6	Predominantly used for asbestos cement but also textiles (Group 3 only),
		Brit. Can. open pit, Black Lake, Quebec	3.2m. tpa of ore	brake linings, tiles, paper, gaskets, and filler
		Brit. Can. mill No. 2, Black Lake, Quebec	65,300 tpa of fibre Groups 3-7	
		Asbestos Hill open pit, Ungava, Quebec	1.4m. tpa of ore. 265,000 tpa ungraded fibre	All shipped via Deception Bay to Nordenham, West Germany
Asbestos Corporation GmbH	Wholly-owned subsidiary in West Germany	Nordenham mill, West Germany	Chrysotile 88,500 tpa of fibre. Groups 4-7	All used for asbestos cement
Bell Asbestos Mines Ltd.	Société Nationale de l'Amiante (acquired from Turner and Newall Ltd. in May 1980)	Underground mine and mill in Thetford Mines, Quebec	Chrysotile 825,000 tpa of ore. 75,000 tpa of fibre Groups 3-7	Specialise in output of longer fibres 70% Groups 3-5 and 30% Groups 6-7
Brinco Mining Ltd. (newly formed early 1981)	Olympia and York Investments Ltd. (50.1%) and Rio Tinto Zinc Corp. (22%) in Brinco Ltd. the direct parent company	Cassiar open pit and mill, McDame Mountain, north-central British Columbia	Chrysotile 1.3m. tpa of ore. 110,000 tpa of fibre Groups 3-6	Primarily Group 4 fibre produced, 70% of output for asbestos cement. Mine acquired from Cassiar-Asbestos Corp. in 1980
Carey Canada Inc.	Jim Walter Corporation	Open pit and mill at East Broughton Station, Quebec	Chrysotile 225,000 tpa of fibre. Groups 4-7	Specialises in medium to short fibre — 70% Group 7 and 30% Groups 4-6. Maximum output of 234,000 tonnes in 1973
Johns-Manville Canada Inc.	Manville Corporation	Jeffrey open pit and 6 mill complex at Asbestos, Quebec	Chrysotile 9.25m. tpa of ore 630,000 tpa of fibre Groups 3-7	Western World's largest asbestos mining operation
Lac d'Amiante du Quebec Ltée	Asarco Inc.	Black Lake open pit and mill, Black Lake, Quebec	Chrysotile 13,600 tpd of ore 165,000 tpa of fibre Groups 3-6	Mined under a 99-year lease from United Asbestos Inc. in return for share in net profits
			National open pit and mill, near Thetford Mines, Quebec	7,260 tpd of ore 100,000 tpa of fibre Principally Group 7
USA				
Calaveras Asbestos Corporation	—	Open pit mine and mill at Copperopolis, California	Chrysotile 3,600 tpd of ore 40,000 tpa of fibre Groups 4-6	Leading producer of asbestos in the USA and one of few mines to have expanded production in recent years
Union Carbide Corporation		Open pit mine and mill at Santa Rita, San Benito County, California	Chrysotile 35,000 tpa of fibre Group 7 mainly	Specialises in short fibres and modified asbestos products for filler reinforcing applications
Vermont Asbestos Group	Cooperative	Open pit mine and mill at Lowell, Vermont	Chrysotile 35,000 tpa of fibre Groups 3-8 1.1m. tpa of ore	Current production is around 23,000 tpa of fibre
The Jaquays Mining Corp.	—	Open pit mine and mill in Gila County, Arizona	Chrysotile 1,200 tpa of fibre Groups 3, 4 and 7	
Brazil				
SA Mineração de Amianto	—	Cana Brava mine and mill, Uruaçu, Goiás state	Chrysotile 180,000 tpa of fibre Grades 3-7	Only recent attempts to enter world trade. Some 167,000 tonnes produced in 1980

<i>Company</i>	<i>Ownership</i>	<i>Mine/plant location</i>	<i>Products/capacity</i>	<i>Remarks</i>
Sano SA Industria e Comercio	Sano Group	Mine and mill in Piaui state	Chrysotile 2,400 tpa of fibre Group 4 only	Production totally consumed within the Sano Group
Colombia Asbestos Colombianos SA	Eternit Colombiana 70% Minero Emmo 30%	Las Brisas mine and mill, near Campamento	Chrysotile 20,000 tpa of fibre Groups 4-6	Production began during 1981 at initial rate of 11,000 tpa
AFRICA				
South Africa The Griqualand Exploration and Finance Company Ltd. (Gefco)	General Mining Union Corporation Ltd. 43.80% Sentrust Ltd. 13.16%	Elcor mines, mill and blending plant, Kuruman district, North Cape Province	Crocidolite 48,000 tpa of fibre	Wholly-owned Elcor Investments, through its Merencor Asbestos Mines (Pty) Ltd. and Coretsi Asbestos (Pty) Ltd. owns operating mines at Eldoret and Coretsi in the Kuruman district
		Riries blending plant supported by Asbes, Bretby, and Riries mills taking ore from a number of small mines	Crocidolite 32,000 tpa of fibre Elcor and Riries blending plants produce 4 grades of crocidolite — long, medium-long, medium, and medium short (5mm to 25mm)	Wholly-owned Griqualand Asbestos (Pty) Ltd. works an asbestos mine near Kuruman and its subsidiary Griqualand Chrysotile Mines (Pty) Ltd. bought the Bute mine near Vryburg from Dublin Consolidated Asbestos Mines (Pty) Ltd.
		Whitebank mine and mill supplying the Central blending plant, Cape Province	Crocidolite 30,000 tpa of fibre	Whitebank and Klipfontein operations recently acquired from Asbestos Investments, a subsidiary of the Belgium-based Eternit group, which operated under the name Kuruman Cape Blue Asbestos (Pty) Ltd.
		Klipfontein mine and mill supplying the Owendale blending plant, Cape Province	Crocidolite 18,000 tpa of fibre	
		Pomfret mine, mill, and blending plant, northern Cape Province	Crocidolite 70,000 tpa of fibre	Pomfret and Penge operations recently acquired from Transvaal Consolidated Land and Exploration Co. Ltd.
		Penge mine, mill, and blending plant, eastern Transvaal	Amosite 90,000 tpa of fibre	These mines were respectively operated by Cape Blue Mines Ltd. and Egnep Ltd.
Msauli Asbestos Ltd.	General Mining Union Corporation Ltd.	Msauli mine, mill, and blending plant, Msauli, Barberton district, eastern Transvaal	Chrysotile 100,000 tpa of fibre Groups 5-7 but mainly Group 6	African Chrysotile Asbestos Corporation is Gencor's wholly-owned holding company for Msauli Asbestos
Duiker Exploration Ltd.	Lonrho Ltd.	Wandrag mine and mill, Kuruman district, Cape Province	Crocidolite 9,000 tpa of fibre	
		Emmarentia mine and mill, Cape Province	Crocidolite 1,000 tpa of fibre	
Kaapsehoop Asbestos (Pty) Ltd.	—	Mine at Joubertsdal in Nelspruit district	Chrysotile 10,000 tpa of fibre Grades 3, 4T, 5R	Small independent operation with sales by Southern Asbestos Sales (Pty) Ltd.
Anglo Dutch Exploration and Mining Co. (Pty) Ltd.	—	Stella mine near Kaapsehoop in Nelspruit District	Chrysotile 4,200 tpa of fibre Grades 6D and shorter	Small operation for local market — friction materials, paints, floor tiles, filtration
Zimbabwe				
Shabanie and Mashaba (Pvt) Ltd. (SMM)	Turner and Newall Ltd.	Shabanie mine and mill, Shabanie, Victoria	Chrysotile 2.4m. tpa of ore	Combined chrysotile production capacity is around 250/300,000 tpa of fibre. Production predominantly comprises Groups 3 and 4 grades of fibre. Approximately 50% of world textile asbestos fibre comes from these mines
		Gaths mine and Temeraire mill, Mashaba, Victoria	2.44m. tpa of ore	
		King mine and mill, Mashaba, Victoria		
DSO Asbestos (Pvt) Ltd.	Industrial Development Corporation	Mashaba, Victoria	Chrysotile 6,000 tpa of fibre Groups 4 and 5	Underground mining ceased in 1978. Current output is based on ore dumps from SMM

<i>Company</i>	<i>Ownership</i>	<i>Mine/plant location</i>	<i>Products/capacity</i>	<i>Remarks</i>
Swaziland Havelock Asbestos Mines (Swaziland) Ltd.	Turner and Newall Ltd. 60%. Swaziland govern- ment 40%	Mine and mill at Bulembu, northwest Swaziland	Chrysotile 35,000 tpa of fibre High proportion of Groups 3 and 4 plus some shorter fibre	Milled fibre product is sent via 22 km long cable to South Africa Barberton and exports sent through Maputo or Durban
EUROPE				
Italy Amiantifera di Balangero SpA	Eternit Group of Switzerland	The Balangero open pit and mill, San Vittore, northwest of Turin	Chrysotile 200,000 tpa of fibre Groups 4-7	Leading producer of asbestos in Europe
Greece Asbestos Mines of Northern Greece SA	Hellenic Industrial Development Bank (ETBA) 91.5%, IFC 8.5%	Mine and mill at Zidani, south of Kozani town	Chrysotile 5m. tpa of ore 100,000 tpa of fibre Groups 4-7	Finally started production in late 1981 and expect to pro- duce 75,000 tonnes in 1982 of which 29% will be sold in Greece
Cyprus The Cyprus Asbestos Mines Ltd	—	Open pit mine and mill at Pano Amiandos in the Troodos Mountains	Chrysotile 35,000 tpa of fibre Groups 4-7 but mainly 4 and 5	Production in 1980 was 34,000 tonnes and about 27,000 tonnes in 1981
Yugoslavia Mines and Industry of Asbestos-Chemical Products "Jugoazbest"	State	The Korlace mine	Chrysotile 4,000 tpa of fibre	Mine undergoing recon- struction to increase output to 12,500 tpa
Stragari Asbest mine	State	Operation located at Bogutoyo, Stragari, Serbia	Chrysotile 15,000 tpa of fibre	
Turkey Bilfer Maden Ltd.	Bilgin Group	Cavdar mine, Sivas, eastern Turkey	Chrysotile 1,500 tpa of fibre Groups 4-7	Essentially a pilot plant operation being increased to 5,000 tpa during 1982 to supply domestic asbestos cement market. By 1984 Bilfer hopes to start on a 80-100,000 tpa project. Pro- duction to date — 300 tons
Amyant Sanayi AS	Unimeks Yatirim ve Finansman AS	Mine and mill at Mihalliççik Tatarcik, Eskişehir	Tremolite asbestos 30,000 tpa of ore 3,000 tpa of fibre Groups 5-7	Current production is around one third capacity for floor covering, adhesives, and insulation
ASIA				
India Hyderabad Asbestos Cement Products Ltd.	—	Mine and mill at Roro, Bihar state	Chrysotile 2,000 tpa of fibre Groups 5-7	Supply domestic market and manufactures asbestos cement products
Pratap Commercial Co. (Pvt) Ltd.	—	Nine mines in Udaipur and Beawer Districts of Rajasthan (open pit and underground)	Anthophyllite and tremolite asbestos 4,000 tpa of fibre Equivalent to Groups 4-7	Output in 1980 approxi- mately 2,500 tonnes
South Korea				
		Kwangchon and Hong- song mines, Hongsong- gun, 90 miles east of Seoul	Chrysotile 14,000 tpa of fibre Average 5mm in length	
Japan Nozawa Asbestos Cement Company	—	Furano, Hokkaido	Chrysotile 18,000 tpa Mainly short fibres	For asbestos cement production
Yamabe Asbestos Company Ltd.	—	Yamabe, Hokkaido	Chrysotile 4,500 tpa of fibre Groups 6-7	For asbestos cement production. Current output from Japanese mines is around 8,000 tpa
Australia Woodsreef Mines Ltd.	Transpacific Asbestos Inc. 58.57% (formerly Woodsreef Minerals Ltd. of Alberta, Canada)	Wood's Reef mine and mill, near Barraba, New South Wales	Chrysotile 95,000 tpa of fibre Groups 4-7	Operations are carried out by wholly-owned Chrysotile Corporation of Australia Pty Ltd. Output in 1980 — 83,466 tonnes

<i>Company</i>	<i>Ownership</i>	<i>Mine/plant location</i>	<i>Products/capacity</i>	<i>Remarks</i>
USSR				
Uralasbest Combine	State	Asbest, about 30 miles east of Sverdlovsk in the south-central Urals. Mine and 6 mill complex	Chrysotile 1.56m. tpa of fibre Accounts for about 51% of Soviet capacity (reported to have lost 500,000 tpa capacity at 2 mills during 1980)	Construction of another mill with a reported capacity of 340,000 tpa is being planned. Output in 1980 — 1.27m. tonnes
Dzhetygara Combine	State	Dzhetygara, northwest Kazakhstan, about 300 miles south of Sverdlovsk in southern Urals	Chrysotile 750,000 tpa of fibre Accounts for about 25% of Soviet capacity	Two mills in operation — the first built in 1965 with 350,000 tpa capacity and the second built 1975 with 400,000 tpa capacity. Output in 1980 — 640,000 tonnes
Kiembay Combine	State in conjunction with 33% financial participation from Bulgaria, Hungary, East Germany, Poland, Rumania, and Czechoslovakia	Located about 90 miles east-south-east of Orsk in Orenburg Province in the southern Urals	Chrysotile 500,000 tpa of fibre Accounts for about 16% of Soviet capacity	Two mills recently built, the first in 1979 which produced 130,000 tonnes in 1980 and the second was completed at end of 1980. 12 annual instalments of 170,000 tonnes to be sent to the 6 participating nations, and possibly for a further 10 years
Tuvaasbest Combine	State	Located near Ak-Dovurak in south-central	Chrysotile 240,000 tpa of fibre Accounts for about 8% of Soviet capacity	Two mills with equal capacity of 120,000 tpa each constructed in 1964 and 1976. Output in 1980 — 110,000 tonnes

China

The majority of Chinese chrysotile asbestos production is accounted for by nine mines of which the Shimien open pit and underground operation in Sichuan Province is the largest. Close to Shimien is another large deposit at Pengshien. The next largest mining area is in the district of Laiyuan, Hebei Province where open pit mining is carried out. Other mines are the open pit mine at Mangai, Quinghai Province; underground operations at Jinzhou and Chaoyong, Liaoning Province; open pit workings at Shennan in Shensi Province and underground and open pit operations at Lilang, also in Shensi Province. Another asbestos mine is worked at Taan in Shaanxi Province. Although production capacities of these various operations are not known total production of asbestos in China in 1980 was around 250,000 tonnes, all of which was apparently of the chrysotile variety.

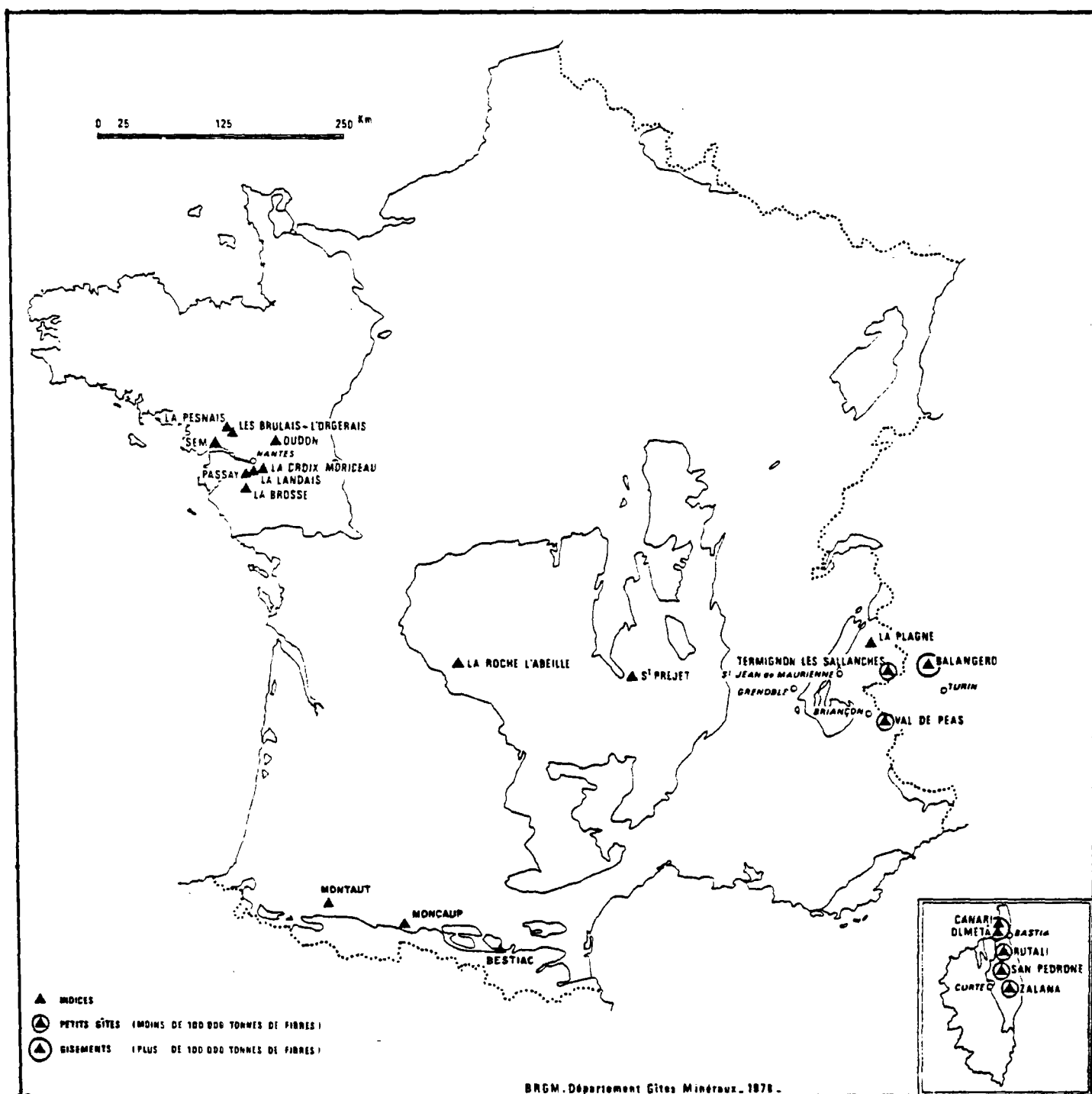


Figure 3 - Les gîtes d'amiante de la France.

PASSAY, LA LANDAIS, LA BROSSE, LA CROIX MORICEAU, OUDON, LES BRULAIS-L'ORGERAIS, LA PESNAIS, SEM PEUMERIT.

- Alpes :

LA PLAGNE-MONT JOVET, PONT-DU-VILLARD-LES SALLANCHES, TERMIGNON EN SAVOIE (73), VAL DE PEAS dans les Hautes Alpes (05).

- Corse

CANARI, OLMETA, RUTALI, MONTE SAN PEDRONE, ZALANA

- Petits indices

. Dans le Massif Central : ST. PREJET (Haute Loire),
LAROCHE-L'ABEILLE (Haute Vienne)

. Dans les Pyrénées : MONCAUP (Haute Garonne)
BESTIAC (Ariège)

3 - SECTEURS D'UTILISATION

L'amiante trouve de nombreuses applications (environ 3 000 produits) dans l'Industrie, dues à cinq propriétés particulières :

- elle est incombustible et résiste à la chaleur provoquée par la friction,

- elle est un isolant thermique et phonique (enchevêtrement de fibres développant une grande surface spécifique),

- une résistance à la traction supérieure à celle de l'acier qui permet de renforcer de nombreux matériaux tels que le ciment et les matières plastiques,

- une résistance à la corrosion et une inertie chimique aux alcalis et à la plupart des acides

- de bonnes propriétés diélectriques.

Elle fut longtemps un composant essentiel des garnitures de freins ("FERODO"). Les longues fibres de chrysotile peuvent être tissées pour la réalisation de vêtements équi-fuges, rideaux de théâtre, cloisons pare-feu dans les lieux publics.

Elle est aussi utilisée dans les engins spatiaux et les turbines à gaz.

Les fibres épaisses sont utilisées particulièrement dans la fabrication de l'amiante-ciment (72 % de la consommation française) et les revêtements de sol (8 %).

Les fibres peu ferrifères sont employées dans l'industrie électrique. Les peintures et les matières plastiques utilisent les fibres les plus courtes.

3.1 - La fabrication de l'amiante-ciment

L'amiante-ciment est un matériau de construction composé essentiellement d'un mélange homogène de ciment et de fibres d'amiante. C'est un produit uniquement minéral, auquel les fibres d'amiante apportent la cohésion et une certaine élasticité. Les résistances mécaniques sont de l'ordre de 20 MPa en traction et de 60 à 90 MPa en compression. Sa masse volumique varie de 1,8 à 2,0 g/cm³. L'amiante-ciment résiste bien aux agents atmosphériques. Il est incombustible et fond seulement à 1 500°C.

Sa composition comprend généralement 10 à 30 % d'amiante, 80 % de ciment et 7 à 10 % d'eau.

- Fabrication : après défibrage dans les broyeurs à meules et les désintégrateurs, les fibres d'amiante sont incorporées au ciment de façon à obtenir une pâte très diluée (50 g de solide/litre environ). Elle est ensuite essorée et laminée grâce à une série de cylindres perforés avant de s'enrouler en couches très minces sur un axe.

Après découpage du cylindre de pâte et aplatissage, une plaque malléable est obtenue qui pourra prendre des formes variées, planes ou ondulées. Les produits peuvent être mis en forme à la main ou comprimés sous presse ; ils subissent ensuite un traitement complémentaire pour accélérer le durcissement. Les produits obtenus sont :

- tôles ondulées de couverture,
- tôles plates murales,
- canalisations et tuyaux
- ardoises de couverture et de bardage,
- vasques et jardinières, etc ...

3.2 - L'industrie textile

Les fibres longues (> 8 mm) et élastiques du chrysotile sont utilisées dans l'industrie du textile où elles peuvent être cardées, filées et tissées en toiles de différentes dimensions. Outre la fabrication de vêtements aquifuges et d'écrans de cinéma, ces fibres tissées sont utilisées pour les joints métallo-plastiques, pour les filtres de masques à gaz, pour la protection des fils électriques et comme isolants des fours

3.3 - Utilisations à l'état brut

L'amiante-chrysotile est aussi utilisée dans l'isolation des murs, des planchers et des conduits souterrains, le renforcement des matières plastiques, dans les industries de la peinture, des vernis et des adhésifs, pour certains filtres et rembourrages, pour les garnitures et plaquettes de freins.

3.4 - Le papier d'amiante

Associée à de la cellulose, elle est utilisée dans le renforcement des feuilles d'aluminium pour l'isolation, pour le revêtement des chaudières, des fours et des réservoirs et pour le rembourrage des toits d'automobiles

3.5 - Autres utilisations

Il peut être aussi utilisé dans la fabrication de dalles de sol en vinyl, pour renforcer les structures en polyester, les silicones thermorétractables, les ailes d'avions de tourisme, les domes de radars, l'ogive de protection de certains missiles, etc ...

La figure 4 résume les utilisations de l'amiante dans le monde et en Amérique du Nord.

4 - SPECIFICATIONS ET CRITERES DE SELECTION

4.1 - Les principales spécifications

4.1.1 - La composition chimique

	Chrysotile	Crocidolite	Amosite	Anthophyllit	Trémolite
SiO ₂ %	37-44	49-53	49-53	56-58	53-62
MgO %	39-44	0-3	1-7	28-34	0-30
FeO %	0-6	13-20	34-44	3-12	1,5-5
Fe ₂ O ₃ %	0,1-5	17-20	-	-	-
Al ₂ O ₃ %	0,2-15	-	2-9	0,5-1,5	1-4
Al ₂ O %	12-15	2,5-4,5	2-5	1-6	0-5
CaO %	Tr-5	-	-	-	0-18
Na ₂ O %	-	4-6,5	-	-	0-9
CaO + Na ₂ O %	-	-	0,5-2,5	-	-

Tableau 5 - La composition chimique théorique des amiantes d'après LEFOND (1983)

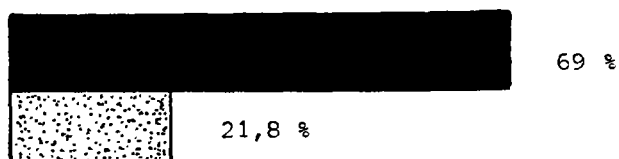
4.1.2 - La longueur des fibres

Les différentes utilisations industrielles sont étroitement liées à la longueur des fibres (cf. paragraphe 3), les plus longues étant les plus recherchées et les plus coûteuses.

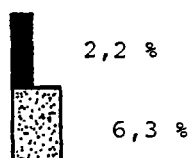
4.1.3 - Principales propriétés des fibres d'amiante

Dans le tableau 8 sont regroupées les principales caractéristiques des différents fibres d'amiante permettant de préjuger leurs utilisations industrielles.

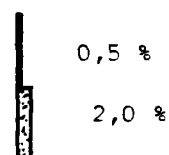
Tuyaux d'amiante-ciment
Matériaux de construction
en amiante-ciment :



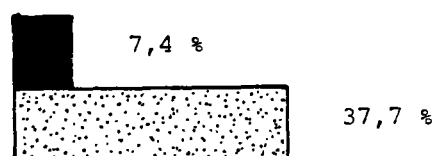
Matériel de friction :



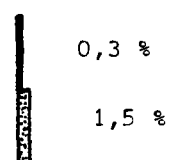
Plastique :



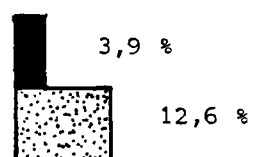
Papier d'amiante :



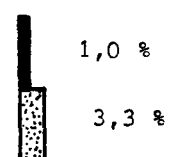
Ciment à joints :



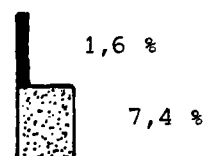
Tuiles, carrelage :



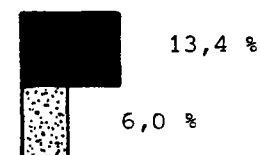
Obturateurs,
garnitures d'amiante :



Peintures, enduits,
adhésifs, revêtements :



Divers :



Textiles d'amiante :

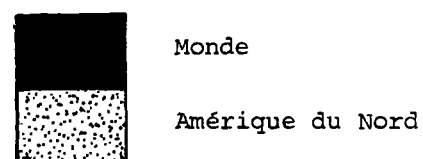
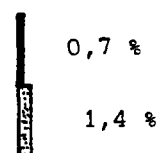


Fig. 4 - Les utilisations de l'amiante
dans le monde et en Amérique du Nord

tableau 6 - Classification québécoise concernant la longueur des fibres 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 fibers)				
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	8.5	7.4
Group No. 6 (Paper and shingle fibers)				
6D	0	0	7	9
6F	0	0	6	10
Group No. 7 (Shorts and florets)				
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 Florets	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			

Tableau 7 - Classification des fibres de chrysotile.
(Québec Asbestos Mining Association -
d'après H.H.Gössling, 1976).

Groupe N°	Classe	Appellation	Dimension des fibres				
				> 12,7 mm (1/2 inch)	> 4,7 mm (4 mesh)	> 1,65 m (10 mesh)	< 1,65 m (10 mesh)
1		Fibres transverses brutes (Crude Cross Fiber)	» 18 mm (3/4 inch)				
2			9 à 18 mm (3/4 à 3/8 inch)				
3	3F	Textile ou Fibres pour expédition (Textile or Shipping Fibers)		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	
4	4A	Fibres pour armante ciment (Asbestos cement fibers)		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			
5	5D	Qualité papier (Paper stock grade)		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	
6	6D	Fibre à bardoux (Shingle Fiber)		0	0	7	9
7	7D	Fibres courtes (Shorts and floats)		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		0	0	0	16	
	7TF		0	0	0	16	
7W	0	0	0	16			
8 et 9	8S	Sables et graviers (Sand and gravel)	800 g/l min	0	0	0	16
	8T		1 200 g/l min	0	0	0	16
	9T			0	0	0	16

Tableau 8 - Principales caractéristiques des fibres d'amiante
(Badollet - 1951).

Property	Actinolite	Amosite	Anthophyllite	Chrysotile	Crocidolite	Tremolite
Structure	Reticulated long prismatic crystals and fibers	Lamellar. Coarse to fine fibrous and asbestiform	Lamellar. Fibrous asbestiform	Usually highly fibrous fibers fine and easily separable	Fibrous in ironstones	Long. Prismatic and fibrous aggregates
Mineral association	In limestone and in crystalline schists	In crystalline schists, etc.	In crystalline schists and gneisses	In altered peridotite adjacent to serpentine and limestone near contact with basic igneous rocks	Iron rich silicious agillite in quartzose schists	In Mg limestones as alteration products of highly magnesian rocks. Metamorphic and igneous rocks
Origin	Results of metamorphism	Metamorphic	Metamorphic. Usually from olivine	Alteration and metamorphism of basic igneous rocks rich in magnesian silicates	Regional metamorphism	Metamorphic
Veining	Slip or mass fiber	Cross fiber	Slip. Mass fiber un-oriented and interlacing	Cross and slip fibers	Cross fiber	Slip or mass fiber
Essential composition	Ca-Mg-Fe-Silicate water up to 5%	Silicate of Fe and Mg higher iron than anthophyllite	Mg silicate with iron	Hydrosilicate of magnesium	Silicate of Na and Fe with some water	Ca and Mg silicate with some water
Crystal structure	Long and thin columnar to fibrous	Prismatic. Lamellar to fibrous	Prismatic. Lamellar to fibrous	Fibrous and asbestiform	Fibrous	Long and thin columnar to fibrous
Crystal system	Monoclinic	Monoclinic	Orthorhombic	Monoclinic (pseudo-orthorhombic?)	Monoclinic	Monoclinic
Color	Greenish	Ash gray or brown	Grayish white. Brown-gray or green	White. Gray. Green. Yellowish	Lavender-blue. Metallic-blue	Gray-white. Greenish Yellowish. Bluish
Luster	Silky	Vitreous. Somewhat pearly	Vitreous to pearly	Silky	Silky to dull	Silky
Hardness	6±	5.5-6.0	5.5-6.0	2.5-4.0	4	6.5
Specific gravity	3.0-3.2	3.1-3.25	2.85-3.1	2.4-2.6	3.2-3.3	2.9-3.2
Cleavage	110 perfect	110 perfect	110 perfect	010 perfect	110 perfect	110 perfect
Optical properties	Biaxial negative extinction inclined	Biaxial and positive extinction parallel	Biaxial positive extinction parallel	Biaxial positive extinction parallel	Biaxial ± extinction inclined	Biaxial negative extinction inclined
Refractive index	1.63± weakly pleochroic	1.64±	1.61±	1.51-1.55	1.7 pleochroic	1.61±
Length	Short to long	2 to 11 in., varies	Short	Short to long	Short to long	Short to long
Texture	Harsh	Coarse but somewhat pliable	Harsh	Soft to harsh. Also silky	Soft to harsh	Generally harsh. Sometimes soft
Specific heat, Btu per lb per °F	0.217	0.193	0.210	0.266	0.201	0.212
Tensile strength, psi	1000 and less	16,000 90,000	4000 and less	80,000 100,000	100,000 300,000	1000 8000
Temperature at maximum ignition loss, °F	—	1600 to 1800	1800	1800	1200	1800
Filtration properties	Medium	Fast	Medium	Slow	Fast	Medium
Electric charge	Negative	Negative	Negative	Positive	Negative	Negative
Fusion point, °F	2540	2550	2675	2770	2180	2400
Spinnability	Poor	Fair	Poor	Very good	Fair	Poor
Resistance to acids and alkalis	Fair	Good	Very good	Poor	Good	Good
Magnetite content	—	0	0	0-5.2	3.0-5.9	0
Mineral impurities present	Lime, iron	Iron	Iron	Iron, chrome, nickel, lime	Iron	Lime
Flexibility	Poor	Good	Poor	High	Good	Poor
Resistance to heat	—	Good. Brittle at high	Very good	Good. Brittle at high	Poor, fuses	Fair to good
Ionizable salts, µmhos (relative electrical conductance)	—	1.34	0.58	1.82	0.84	—

4.1.4 - Normes françaises et américaines relatives aux utilisations de l'amiante

Tableau 9 - Normes françaises AFNOR relatives aux utilisations "bâtiment" de l'amiante

Indice	Date	Type du document
NF G 28-001	Janv. 1967	FILS D'AMIANTE - CARACTERISTIQUES PRINCIPALES METHODES D'ESSAI
NF Q 51-001	Janv. 1969	CARTON D'AMIANTE - CARACTERISTIQUES GENERALES ET METHODES DE CONTROLE - 14 p. FEUILLES EN AMIANTE ET ELASTOMERES COMPRIMES POUR JOINTS
NF T 48-001	Juin 1967	- CARACTERISTIQUES (E) - 8 p.
NF T 48-101	Juin 1967	- MESURE DES DIMENSIONS (E) - 3 p.
NF T 48-102	Juin 1967	- DETERMINATION DE LA DENSITE RELATIVE (e) - 2 p.
NF T 48-103	Juin 1967	- DETERMINATION DE LA RESISTANCE A LA RUPTURE PAR TRACTION (E) - 5 p.
NF T 48-104	Juin 1967	- DETERMINATION DE LA PERTE AU FEU(E) - 2 p.
NF T 48-105	Juin 1967	- ESSAI D'IMMERSION DANS LES LIQUIDES (E) 2 p.
NF T 48-106	Juin 1967	- RESISTANCE A LA RUPTURE PAR TRACTION APRES IMMERSION DANS LES LIQUIDES (E) - 2 p.
NF T 48-107	Juin 1967	- ESSAI DE TENUE A LA PRESSION HYDRAULIQUE A TEMPERATURE AMBIANTE (E) - 3 p.
NF T 48-108	Juin 1967	- ESSAI DE TENUE AU CINTRAGE (E) - 2 p.
NF T 48-109	Juin 1967	- ESSAI DE VIEILLISSEMENT ARTIFICIEL A L'ETUVE (E) - 2 p.
NF F 55-004	Janv. 1970	- CAISSES A PILES EN AMIANTE-CIMENT - COTES D'ENCOMBREMENT ET D'UTILISATION - 1 p.
NF F 55-006	Janv. 1970	- COUVERCLES EN AMIANTE-CIMENT POUR CAISSES PILES - COTES D'ENCOMBREMENT ET D'INTER- CHANGEABILITE - 1 p.

Normes AFNOR (suite)

		CANIVEAUX EN AMIANTE-CIMENT, POUR CANALISATIONS ELECTRIQUES
NF F 55-018	Janv. 1970	- EXEMPLES DE MONTAGES - 3 p.
NF F 55-019	Janv. 1970	- CORPS DE CANIVEAUX - CORPS DE CANIVEAU DE REDUCTION - SELLES - 3 p.
NF F 55-020	Janv. 1970	- CORPS DE COUDES - 3 p.
NF F 55-021	Janv. 1970	- CORPS DE TES - CORPS DE CROIX - 2 p.
NF F 55-022	Janv. 1970	- COUVERCLES - 4 p.
NF F 55-023	Janv. 1970	- CANIVEAU EN AMIANTE-CIMENT, POUR CAISSE A PILES - 2 p.
NF P 08-001	Oct. 1964	- CONDITIONS DE CONTROLE DES PRODUITS EN AMIANTE-CIMENT
NF P 33-301	Nov. 1983	- COUVERTURE AMIANTE-CIMENT - PLAQUES ONDULEES ET ACCESSOIRES EN AMIANTE-CIMENT (NEQ ISO 393/1) - 15 p.
NF P 33-302	Déc. 1981	- ARDOISES ET ACCESSOIRES EN AMIANTE-CIMENT POUR COUVERTURE ET BARDAGE (E) (NEQ ISO 395) 8 p.
		DOCUMENTS TECHNIQUES UNIFIES
DTU P 33-201	Nov. 1979	- DTU 40.31 - COUVERTURE EN PLAQUES ONDULEES D'AMIANTE-CIMENT - 16 p.
DTU P 33-202	Nov. 1985	- DTU 40-12 - COUVERTURE EN ARDOISES CIMENT - 33 p.

Tableau 10 - Normes américaines ASTM relatives à l'amiante

ASBESTOS-CEMENT PRODUCTS

Specifications for :

*C 551-78	Asbestos-Cement Fiberboard Insulating Panels
*C 875-78	Asbestos-Cement Conduit and Fittings
*C 428-78	Asbestos-Cement Nonpressure Sewer Pipe
*C 644-78	Asbestos-Cement Nonpressure Small-Diameter Sewer Pipe
*C 508-78a	Asbestos-Cement Underdrain Pipe
*C 541-75	Asbestos-Cement Pipe, Linings for
*D 1869-78	Asbestos-Cement Pipe, Rubber Rings for
*C 659-78	Asbestos-Cement Plastic-Foam Core Insulating Panels
*C 296-78	Asbestos-Cement Pressure Pipe
*C 222-78	Asbestos-Cement Roofing Shingles
*C 223-78	Asbestos-Cement Siding
*C 663-78	Asbestos-Cement Storm Drain Pipe
*C 668-76	Asbestos-Cement Transmission Pipe
*C 221-77	Corrugated Asbestos-Cement Sheets
*C 746-78	Corrugated Asbestos-Cement Sheets for Bulkheading
*C 877-77	External Sealing Bands for Noncircular Concrete Sewer, Storm Drain, and Culvert Pipe
*C 220-77	Flat Asbestos-Cement Sheets
*C 725-78	Semidense Mineral Fiber Siding

Methods of Sampling and Testing :

*C 459-63 (1976)	Asbestos-Cement Flat Sheets, Roofing and Siding Shingles, and Clapboards
------------------	--

Methods of Testing :

*C 500-77	Asbestos-Cement Pipe
*C 458-62 (1977)	Organic Fiber Content of Asbestos-Cement Products

Definitions of Terms Relating to :

*C 460-74a	Asbestos-Cement and Related Products
------------	--------------------------------------

4.1.5 - Textes législatifs concernant la protection sanitaire

1 - France

- Amiante

Le décret n° 77-949 du 17 Août 1977 stipule dans son article 2 :
"La concentration moyenne en fibres d'amiante de l'atmosphère inhalée par un salarié pendant sa journée de travail ne doit pas dépasser **deux fibres par centimètre cube**, seules étant considérées les fibres de plus de cinq microns de longueur, de trois microns au plus de largeur et dont le rapport longueur/largeur excède trois".

C1 - Substances, ou substances associées dans un procédé de production, ayant un pouvoir cancérogène ou cocancérogène reconnu et pour lesquelles une valeur limite de concentration a été fixée :

- amiante (fibres > 5 µm)

Amosite	0,5 fibre/cm3
Chrysotile	2 fibres/cm3
Crocidolite	0,2 fibre/cm3
Autres formes	2 fibres/cm3

2 - Communautés européennes

La Directive 80/1107/CEE du Conseil des Communautés européennes du 27 Novembre 1980, concernant la protection des travailleurs contre les risques liés à une exposition à des agents chimiques, physiques et biologiques pendant le travail arrête certaines dispositions à prendre en compte pour assurer cette protection et prévoit l'établissement, au moyen de directives particulières, de valeurs limites et de prescriptions spécifiques pour certains agents.

- Amiante

Les valeurs limites suivantes sont appliquées :

a) concentration des fibres d'amiante autres que la crocidolite dans l'air sur le lieu de travail : 1,00 fibre par centimètre cube mesurée ou calculée par rapport à une période de référence de 8 h ;

b) concentration des fibres de crocidolite dans l'air sur le lieu de travail : 0,50 fibre par centimètre cube mesurée ou calculée par rapport à une période de référence de 8 h ;

c) concentration des fibres d'amiante dans l'air sur le lieu de travail dans le cas d'un mélange de crocidolite et d'autres fibres d'amiante : la valeur limite se situe à un niveau calculé sur la base des valeurs limites prévues aux points a) et b) en tenant compte de la proportion de la crocidolite et des autres types d'amiante dans le mélange.

Les Etats-membres adoptent les dispositions législatives, réglementaires et administratives nécessaires pour se conformer à la présente directive avant le 1er Janvier 1987 ...

Toutefois, la date du 1er Janvier 1987 est reportée au 1er Janvier 1990 en ce qui concerne les activités extractives de l'amiante.

3 - Etats-Unis

Mêmes valeurs-limites.

4.2 - Critères liés aux gisements

L'amiante est une substance bien particulière au regard de la prospection dans la mesure où elle n'est qu'une forme physique singulière (chrysotile, amphiboles) de minéraux silicatés de la roche dans laquelle elle se développe.

La découverte de gisements est essentiellement conditionnées par la découverte d'indices de surface.

Au cours de la formation des amiantes, le fer libéré cristallise sous forme de magnétite qui se concentre aux épontes des filonnets d'amiante. Le magnétisme au sol peut alors être utilisé dans la mesure où les anomalies sont bien individualisées.

A titre d'exemple, nous pouvons citer des mailles de prospection magnétique au sol qui ont été utilisées pour localiser deux gisements :

- maille carrée de 120 m avec resserrage sur les anomalies (au Québec)

- maille rectangulaire 60 m x 30 m (Las Brisas,, en Colombie). La phase géophysique d'approche est suivie par la réalisation de tranchées et des sondages carottés. D'une manière générale, pour le chrysotile, une maille de sondage de 30 m permet d'estimer que les réserves du gisement sont certaines. Avec une maille de 60 m, les réserves sont probables.

L'évaluation des teneurs s'effectue soit de manière visuelle, soit en laboratoire (Dean A.W. 1968).

La détermination en Laboratoire est obligatoire pour les minerais "Slip fibers(1)" dont l'estimation visuelle est très aléatoire. Elle s'effectue après l'extraction mécanique des fibres qui sont ensuite criblées et tamisées. Les pourcentages des diverses catégories sont alors déterminés.

5 - MODES D'EXPLOITATION ET DE TRAITEMENT

Exploitation : la plupart des exploitations se font à ciel ouvert. L'exploitation souterraine est parfois pratiquée pour la crocidolite et

(1) "Cross-fibers" : fibres disposées perpendiculairement aux épontes des fractures

"slip-fibers" : fibres allongées dans la plan de la fracture, ressemblant à une surface de glissement

"mass-fibers" : agrégats de courtes fibres en structure enchevêtrée

l'amosite comme en Afrique du Sud. Au Québec, à "Jeffrey mine", une partie du gisement de chrysotile est exploitée en carrière et l'autre en mine.

Traitement : la difficulté principale du traitement réside dans la nécessité de ne pas briser les fibres, ce qui implique des tirs ménagés à l'abattage et un traitement particulier du fibrage. Celui-ci consiste en une succession de broyages, suivis de criblages et d'aspiration, toutes ces opérations s'effectuant à sec.

A titre d'exemple, l'Asbestos Corporation au Québec utilise le traitement suivant (cf. fig. 5) : après passage dans un concasseur à mâchoires, puis dans un concasseur giratoire, le minerai est séché dans des fours (fours verticaux pour le minerai à gros grain, fours horizontaux pour le minerai fin).

Après le premier broyage-criblage, les fibres longues sont récupérées par aspiration.

Puis un autre cycle permet la libération de fibres plus fines. Les différentes fibres aspirées passent dans des séparateurs.

6 - PRODUITS DE SUBSTITUTION

Les amiantes de synthèse donnent généralement des résultats peu satisfaisants car les fibres obtenues sont courtes et le prix de revient élevé.

Dans certains domaines d'application, des produits de substitution ont été trouvés :

- pour l'isolation thermique, les laines de roches ont des perspectives assez proches des amiantes, en particulier elles sont pratiquement incombustibles (classé AFNOR M.O).

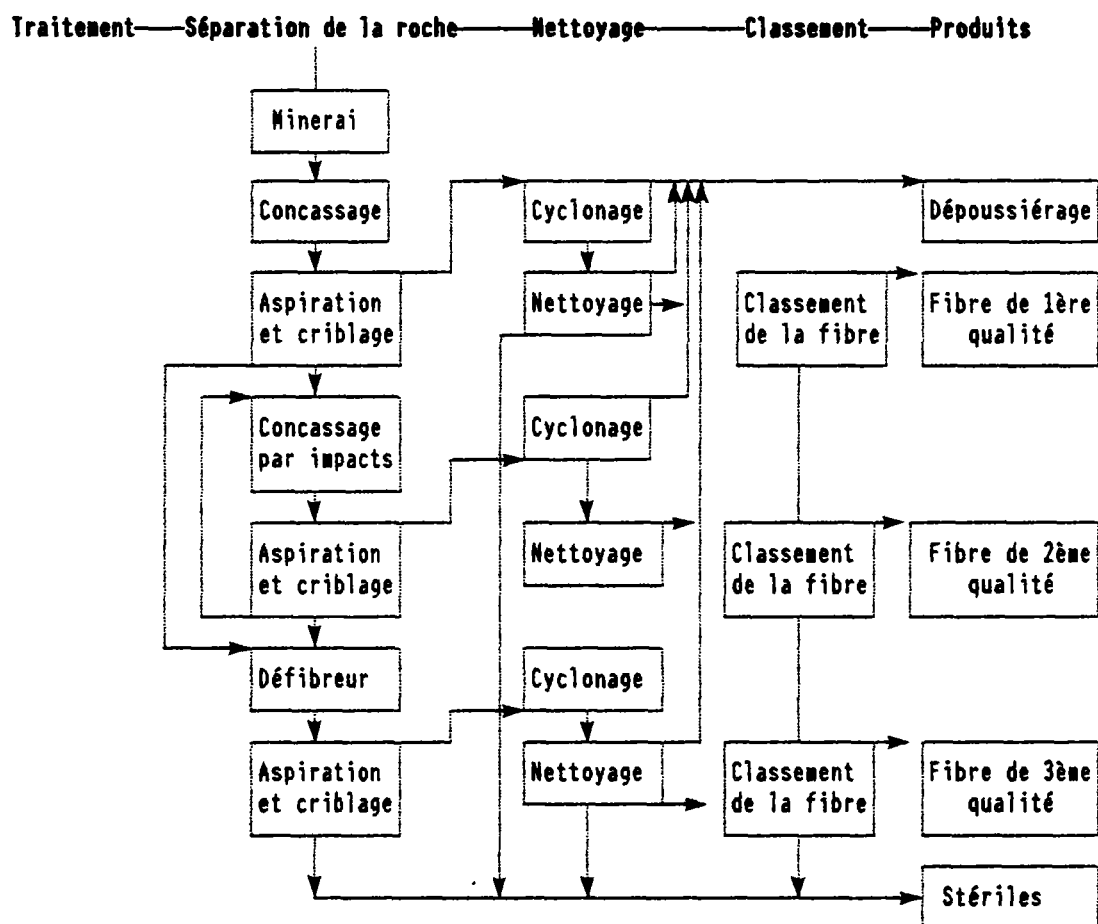


Figure 5 - Schéma du traitement de l'amiante pratiqué par "Asbestos Corporation" au Québec.

Les laines de verre, le polystyrène, le polyuréthane sont d'excellents isolants thermiques et phoniques, très utilisés dans le bâtiment.

Des travaux de recherche en Angleterre ont permis de mettre au point une laine d'ardoise fondue dont la propriété d'incombustibilité et d'aptitude au tissage se rapproche encore plus des qualités de l'amiante.

- pour l'amiante-ciment : l'utilisation de fibres de verre renforcés, de polyamide (matières plastiques) et même de minuscules aiguilles de fonte permettent d'approcher des caractéristiques des produits en amiante-ciment. Néanmoins le coût de revient très bon marché de ce dernier reste un argument majeur.

Certains pays, où les mesures sanitaires relatives à l'amiante sont particulièrement sévères, recherchent intensément des produits de substitution. Ainsi la société danoise Dansk-Eternit a mis au point un procédé de fabrication d'ardoises à base de micro-particules de silicate (procédé SILCEM). Si le coût de fabrication est légèrement supérieur à celui de l'amiante-ciment, les investissements seraient trois fois moindres (Usine Nouvelle - 1986).

- pour l'étanchéité : les produits siliconés et les composés organiques ont remplacé dans certains domaines les pâtes d'étanchéité et les joints à base d'amiante.

Autre fibre naturelle, la **Wollastonite** peut en partie remplacer l'amiante dans certaines applications. La wollastonite est un métasilicate de calcium (CaSiO_3), de dureté Mohs 5 à 5,5 et de densité 2,8. Sous forme fibreuse ou en fines particules, elle est employée comme charges dans les résines thermodurcissables, le PVC, les polyamides et les polyépoxydes pour assurer une bonne stabilité dimensionnelle, ainsi qu'une bonne résistance à la chaleur. En outre elle améliore la dureté, l'isolation thermique et électrique, la résistance à l'humidité et aux agents chimiques.

L'Organisation Mondiale pour la Santé a montré en 1986 que toutes les fibres d'origine minérale pouvaient présenter des propriétés cancérigènes. Aussi la wollastonite comme l'amiante pourrait avoir une utilisation industrielle limitée.

7 - TENDANCES ET PERSPECTIVES

La consommation d'amiante a nettement diminué sur le marché international (hors pays de l'Est) après l'optimum atteint en 1978.

Cette diminution de 7,1 % par an durant cette période est liée en grande partie aux préoccupations sanitaires qui se sont manifestées dans les pays les plus industrialisés tels que les USA, l'Europe occidentale et le Japon

Elle a été aussi constatée dans les pays en voie de développement mais d'une façon moins nette et pour une raison différente : la récession économique mondiale de 1981-83.

Avec plus de détails, le mouvement s'est amorcé aux USA en 1973 après la consommation record de 800 000 tonnes. La chute moyenne a été de 12,2 % par an pour atteindre un minimum de 217 000 tonnes en 1983.

Les problèmes d'hygiène sanitaire et la législation mise en place pour y faire face ont touché l'Europe avec un certain retard. Les effets s'y sont manifestés à partir de 1980 avec une consommation qui a brutalement chuté de 39 % en un an.

Dans les pays en voie de développement où l'amiante est essentiellement (85 %) utilisée dans la construction au moindre coût, une diminution de la consommation fut ainsi constatée. Elle est due à des raisons différentes d'ordre économique : augmentation brutale du prix de l'énergie donc des coûts de transport, d'extraction, de revient, ... récession économique des pays industrialisés limitant leurs aides financières ...

Dans l'immédiat, il semble que l'objectif des pays producteurs soit de survivre. Un contexte économique mondial devenant moins morose devrait les aider.

Les préoccupations sanitaires ont été, en partie, résolues par des protections adaptées à l'échelle industrielle (filtres, capots de protection, automatisations des chaînes ...). Une grande partie des produits à base d'amiante n'ont pas trouvé de matériaux de substitution. La consommation en baisse des pays occidentaux a été en grande partie compensée par la progression spectaculaire des pays du COMECON (+ 9,1 % de 1979 à 1981).

Amorcée en 1983, la stabilisation de la consommation internationale devrait encore se renforcer dans les années à venir. Une augmentation de la consommation mondiale peut être envisagée. Elle sera essentiellement le fait des pays en voie de développement, sensibles à un contexte économique de nouveau favorable. La diminution de la production des pays occidentaux sera totalement compensée par la nette progression de la production soviétique.

BIBLIOGRAPHIE

- 1) **Amiante** : la vérité ; Chambre Syndicale de l'amiante. Syndicat de l'amiante-ciment. Mars 1977.
- 2) Association les Mines d'amiante du Québec (1976) : un monde où l'amiante règne.
- 3) Données statistiques douanières françaises : 1980 à 1985.
- 4) Engineering and Mining Journal : Mars 1985 et Juillet 1986.
- 5) Goni J., Bignon J., Bonnau D. (1974) - Les asbestes : leurs menaces sur l'environnement urbain et sur la santé. Rev. Nuisances et environnement n° 27. P. 40 à 43.
- 6) Henry et al. (1978) - Ressources minières françaises. Tome 4 : les gisements d'amiante. B.R.G.M.
- 7) Industrial Minerals. Mars 1982. Novembre et Décembre 1986.
- 8) Lefond J. (1983) - Industrial Minerals and Rocks. Editeurs "society of Mining Engineers". New-York
- 9) Marchés Tropicaux : Janvier 1987. p.155.
- 10) Presse - environnement du 17.01.86.
Usine nouvelle (1986).
- 11) Raguin E. (1961) - Geologie des gîtes minéraux. Editeurs Masson et Cie. France.
- 12) Roehrich O. (1964) - Textiles naturels. Technique de l'Ingénieur. A. 2350-8.

13) Venuat M. (1968) - Produits silico-calcaires. Technique de
l'Ingénieur. A. 2034-2.

