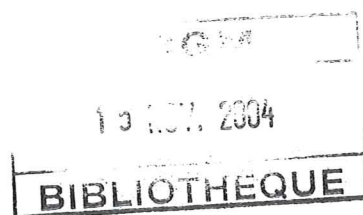




Mémento roches et minéraux industriels

Wollastonite



Mémento roches et minéraux industriels

Wollastonite

C.H. Spencer

**Avril 1991
R 32478
GEO SGN 91**

**BRGM
SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL
Département Géologie
B.P. 6009 - 45060 Orléans Cedex 2 - France - Tél : (33) 38 64 34 34**

Dans le cadre de ses activités de Service Public, sur crédits du Ministère de l'Industrie et de Commerce Extérieur, le Service Géologique National poursuit l'édition de mémentos dans une série dénommée Roches et Minéraux Industriels comportant les titres suivants :

ABRASIFS
AMIANTE
ANDALOUSITE
ARDOISE ET PIERRES ARDOISIÈRES
ARGILES COMMUNES POUR PRODUITS DE TERRE CUITE
ARGILES NOBLES POUR REFRACTAIRES ET CERAMIQUES FINES
ATTAPULGITES (PALYGORSKITES) ET SEPIOLITES
BARYTE
BENTONITE
BORATES
CARBONATES ET SULFATES DE SOUDE
CALCAIRES, CRAIES, MARBRES ET PRODUITS DERIVES A USAGE INDUSTRIEL ET
AGRICOLE
DIATOMITE
DISTHENE
DOLOMIE, MAGNESITE ET PRODUITS DERIVES A USAGE INDUSTRIEL
FELDSPATHS ET ROCHES A FELDSPATHOIDES
GRAPHITE
GRANULATS
GRENAT
GYPSE ET ANHYDRITE
HALLOYSITE
KAOLIN
MARNE
MATERIAUX POUR CIMENT
MICAS
OLIVINE
PERLITE
PIERRES ORNEMENTALES
PIERRES PRECIEUSES ET SEMI-PRECIEUSES
PONCE
POUZZOLANE
SILICE
SILLIMANITE
SOUFRE
TALC
TOURBE
VERMICULITE
WOLLASTONITE
ZEOLITES
ZIRCON

Pour tous renseignements complémentaires veuillez contacter :

BRGM - Département Géologie
BP 6009 - 45060 ORLEANS Cédex 2
Tél. 38.64.35.93 (Mme J. BAUDOIN) ou 38.64.35.47 (M. L. GALTIER)
Fax. 38.64.30.13

TABLE DES MATIÈRES

1 - GÉNÉRALITÉS	6
2 - ASPECTS ÉCONOMIQUES.....	7
2.1 - Marché français	7
2.2 - Marché européen	7
2.2.1 - Production	7
2.2.2 - Consommation	9
2.3 - Marché mondial	9
2.3.1 - Producteurs	9
2.3.2 - Prix de la wollastonite	14
3 - GÉOLOGIE ET CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES	17
3.1 - Géologie	17
3.2 - Minéralogie	17
3.3 - Caractéristiques physico-chimiques	18
4 - UTILISATIONS.....	21
4.1 - Carreaux céramiques	21
4.2 - Produit semi-vitreux	21
4.3 - Produit vitreux	21
4.4 - Glaçures, émaux et frittage	24
4.5 - Verrerie	24
4.6 - Aciers et sidérurgie.....	24
4.7 - Charges pour matières plastiques	24
4.8 - Le traitement chimique ; les modifications de surface	25
4.9 - Peinture.....	25
4.10 - Flux de soudure.....	25
5 - EXPLOITATION ET TRAITEMENT	26

6 - MATÉRIAUX DE SUBSTITUTION	28
6.1 - Wollastonite de synthèse	28
6.2 - Fibres minérales	29
6.3 - Fondants et charges	29
BIBLIOGRAPHIE	30
ANNEXE	

Document publicitaire (en langue anglaise) de PARTEK Corporation concernant l'exploitation, la production et l'utilisation de la wollastonite finlandaise.

LISTE DES FIGURES

- Fig. 1 - Wollastonite ; importations françaises de Finlande (1987-1990) et leur valeur douanière totale et par tonne.
- Fig. 2 - Estimation de la consommation européenne de wollastonite, 1990 (source anonyme).
- Fig. 3 - Production mondiale de wollastonite par pays, 1990 (source O'DRISKOLL, 1990).
- Fig. 4 - Carte des pays producteurs de wollastonite.
- Fig. 5 - Evolution du prix de la wollastonite 300 mesh livrées Grande-Bretagne.
- Fig. 6 - Secteurs d'utilisation de la wollastonite en Europe (sources anonymes).
- Fig. 7 - Secteurs d'utilisation de la wollastonite en France (sources anonymes).
- Fig. 8 - Schéma de traitement du gisement de Lapeenranta, Finlande.

LISTE DES TABLEAUX

- Tabl. 1 - Production mondiale de wollastonite par pays.
- Tabl. 2 - Gisements de wollastonite connus à travers le monde en cours d'évaluation ou développement.

Tabl. 3 - Quelques prix de la wollastonite, d'après M. O'DRISCOLL (1990) (source Industrial Minerals).

Tabl. 4 - Composition chimique de quelques types de wollastonite commercialisée (ROSKILL, 1987).

Tabl. 5 - Procédés américains pour la fabrication de carreaux muraux incorporant la wollastonite (ROSKILL, 1987).

Tabl. 6 - Procédés pour glaçures à base de wollastonite (ROSKILL, 1987).

Tabl. 7 - Types et variétés de wollastonite synthétique commercialisée par Rheinische Kalksteinwerke (RKW) GmbH. en Allemagne.

1 - GÉNÉRALITÉS

La wollastonite, forme minérale de la molécule CaSiO_3 , fut exploitée pour la première fois en 1935 en Californie dans le but de fournir une laine de roche blanche. Sa production industrielle n'a pris de l'essor que depuis 30 ans.

La wollastonite se présente, après broyage, en petites aiguilles plates (forme aciculaire) généralement blanchâtres. Dans l'industrie céramique, on apprécie son retrait linéaire faible et uniforme lors de la cuisson et sa perte au feu faible, caractéristiques qui contribuent à la réduction du fendillement et des craquelures et qui favorisent des procédés de fabrication modernes et rapides. Elle est aussi appréciée pour la fabrication de glaçures et frittages, où elle améliore les caractéristiques de surface et les couleurs.

En métallurgie, la wollastonite est utilisée comme fondant dans les processus de coulée continue, sur les parois des poches de coulée.

Le caractère aciculaire (en aiguilles) est apprécié dans les applications comme charge pour plastiques, résines et peintures car il améliore la résistance mécanique ; cependant, ce secteur du marché consomme une faible quantité de la production totale.

Le contexte géologique des gisements de wollastonite est typiquement métamorphique. Ce minéral résulte de l'action de températures et de pressions élevées sur des calcaires sableux ou siliceux, ou d'un apport hydrothermal siliceux sur un calcaire. Il est souvent accompagné de grenat, diopside, calcite et quartz.

La France possède quelques indices de wollastonite, peu intéressants sur le plan économique, situés dans les Pyrénées, le Massif central et les Alpes.

La France consomme relativement peu de wollastonite, 2 200 t seulement sur une production mondiale de 270 000 t (chiffres approximatifs pour 1990). Le plus grand producteur mondial est les Etats-Unis. Le marché européen est dominé par un seul producteur, PARTEK en Finlande.

La presse spécialisée et certains utilisateurs prévoient une forte croissance de la consommation de wollastonite pour les années 90, surtout pour les granulométries fines de forme aciculaire et pour les variétés se prêtant à la modification chimique. Destinée essentiellement à des applications comme charge dans les thermoplastiques, la wollastonite tend à remplacer l'asbeste (amiante) et la fibre de verre broyée.

2 - ASPECTS ÉCONOMIQUES

2.1 - MARCHÉ FRANÇAIS

Sans gisement, le marché français n'est alimenté que par des importations.

Importations

La wollastonite n'est pas identifiée dans les statistiques douanières. Cependant, sachant que la Finlande domine le marché européen, les importations finlandaises dans la catégorie "Autres Matériaux NDCA" (25.32 90.8) représentent une proportion importante du volume total (fig. 1). La valeur déclarée est également répertoriée, ainsi que l'évolution de la valeur unitaire (tonne).

La France reste en Europe un des plus petits consommateurs par rapport à sa population.

Le représentant français de la société PARTEK Mineral Division est la société CMMP (Comptoir des Minéraux et Matières Premières). Celui de la compagnie NYCO est la société Possehl. Cette wollastonite d'origine américaine est fournie par Vanderbilt, après traitement aux Pays-Bas par Jan de Poorter, et distribuée en France par SA Minerais de la Méditerranée. Il est probable que la France importe de la wollastonite à surface modifiée chimiquement, utilisée couramment dans les plastiques modernes.

2.2 - MARCHÉ EUROPÉEN

2.2.1 - PRODUCTION

En Europe, la production de wollastonite est dominée par la société PARTEK Corporation, dont la "Minerals Division" exploite un gisement à Lapeenranta dans le sud-est de la Finlande. La production annuelle est de l'ordre de 40 000 t. Il faut noter que la wollastonite produite en Finlande n'est pas particulièrement "aciculai-re" (forme en aiguille très prononcée) ; ce secteur du marché européen, qui représente peut-être 5 à 10% du marché total, est fourni entre autres par des importations en provenance des Etats-Unis.

La société MEVIOR (Metallic and Industrial Minerals Mevior SA) de Salonique, Grèce, est en train de développer un gisement dans le Kimmeria. Ce gisement, dont les réserves sont estimées à 300 000 t à 60-70% de wollastonite, doit être mis en exploitation en 1991. En Tchécoslovaquie, le Service Géologique (comm. personnelle J. JIRANEK, 1991) indique l'existence de trois "gisements" actuellement en cours d'évaluation, situés dans l'ouest du pays à Lazy, Skalka et Mochtín. Les teneurs en wollastonite varient entre 30 et 80%.

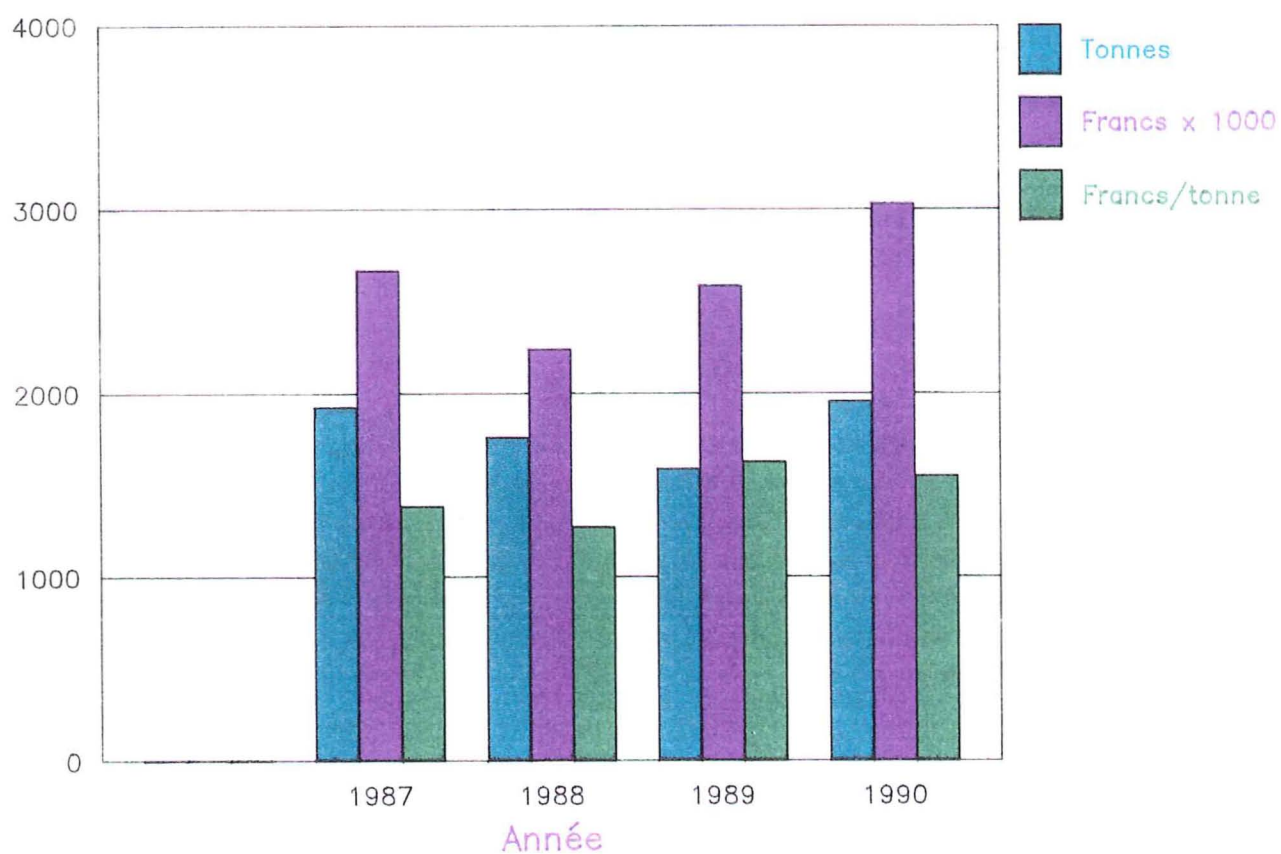


Fig. 1 - Wollastonite ; importations françaises de Finlande (1987-1990) et leur valeur douanière totale et par tonne.

2.2.2 - CONSOMMATION

Une étude de marché effectuée par un importateur européen a estimé la consommation de wollastonite par pays (fig. 2) (source anonyme). La consommation totale de l'Europe, 85 000 t, par rapport à la production, 40 000 t, démontre très nettement que plus de la moitié des besoins proviennent des importations.

2.3 - MARCHÉ MONDIAL

2.3.1 - PRODUCTEURS

D'après M. O'DRISCOLL (1990), la production mondiale peut être estimée à 270 500 t pour 1990 (fig. 3), avec les Etats-Unis fournisseurs de 40% du marché. Le tableau 1 résume, pays par pays, les différents producteurs et leur marché. La figure 4 montre la distribution des pays producteurs.

Etats-Unis d'Amérique

La société NYCO, premier producteur mondial de wollastonite exploite à Willsboro, dans l'état de New-York, la mine à ciel ouvert de Seventy Mountain ; celle-ci fournit annuellement 200 000 s t (short tons) de minerai. NYCO exploite également une mine souterraine à Fox Knoll, à 20 km de Seventy Mountain. Elle a récemment annoncé la découverte de réserves supplémentaires à Oak Hill, à quelques kilomètres de Lewis. Dans ce même secteur, les réserves totales contrôlées par NYCO sont maintenant de l'ordre de 12 Mt. Le minerai de Seventy Mountain subit un traitement par séparation magnétique afin d'extraire le grenat vendu comme sous-produit. La majorité de la production est de type aciculaire ; trois granulométries sont fournies : 100, 325 et 400 mesh (150 μ , 45 μ et 38 μ). Du point de vue stratégie commerciale, NYCO a investi lourdement durant les dernières années afin de répondre à une demande croissante pour les petites granulométries à aspect aciculaire présentant un "aspect ratio" très élevé, entrant dans la fabrication de produits pour charge. La société a également ouvert une usine de traitement de surface pour minéraux de charge (wollastonite, talc, mica et argile) d'une capacité de 20 000 t/an (cf. § 4.7).

Dans la région de Gouverneur (Etat de New-York), R.T. VANDERBILT, par sa filiale GOUVERNEUR TALC Co., exploite un gisement de wollastonite aciculaire à très faible teneur en fer. La production annuelle (d'après M. O'DRISCOLL, 1990) est de 40 000 t. Aucun traitement n'est nécessaire. Une partie de la production est exportée vers les Pays-Bas pour fournir le marché européen à travers la société ANKERSMIDT HOLDING B.V. de Maastricht.

* : rapport longueur / largeur des cristaux

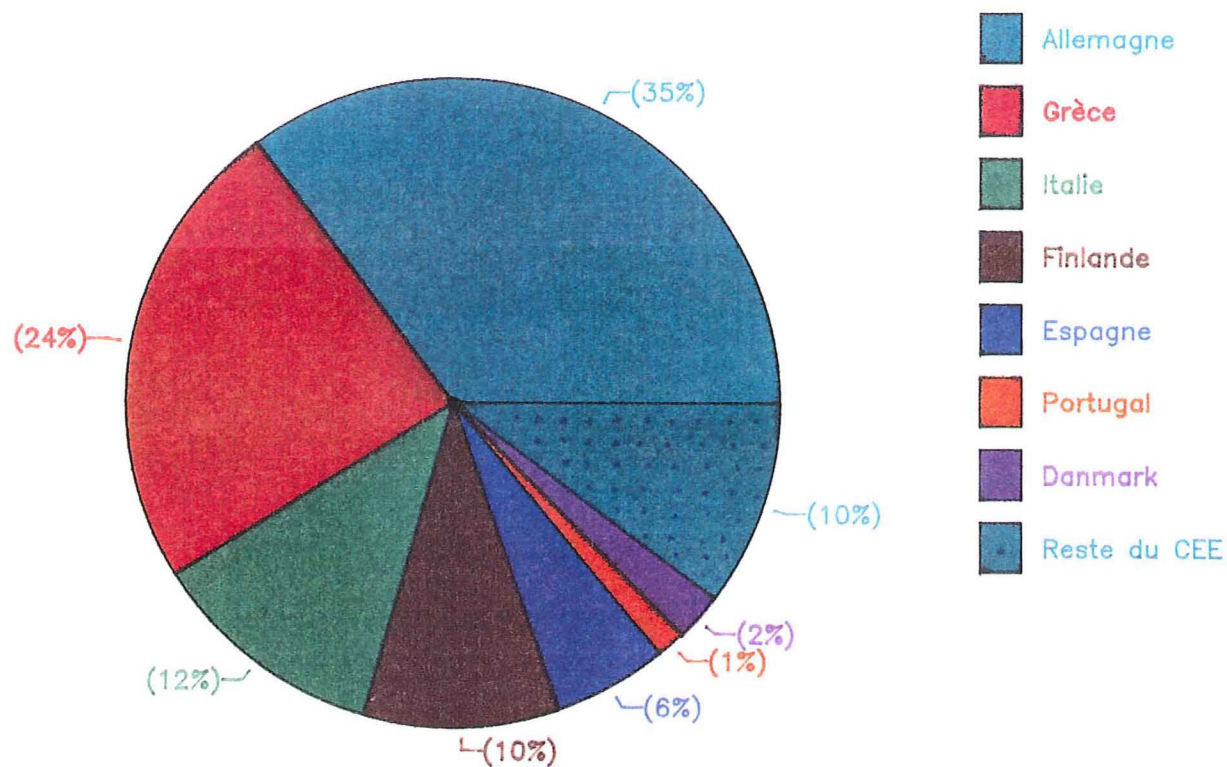


Fig. 2 - Estimation de la consommation européenne de wollastonite, 1990 (source anonyme).

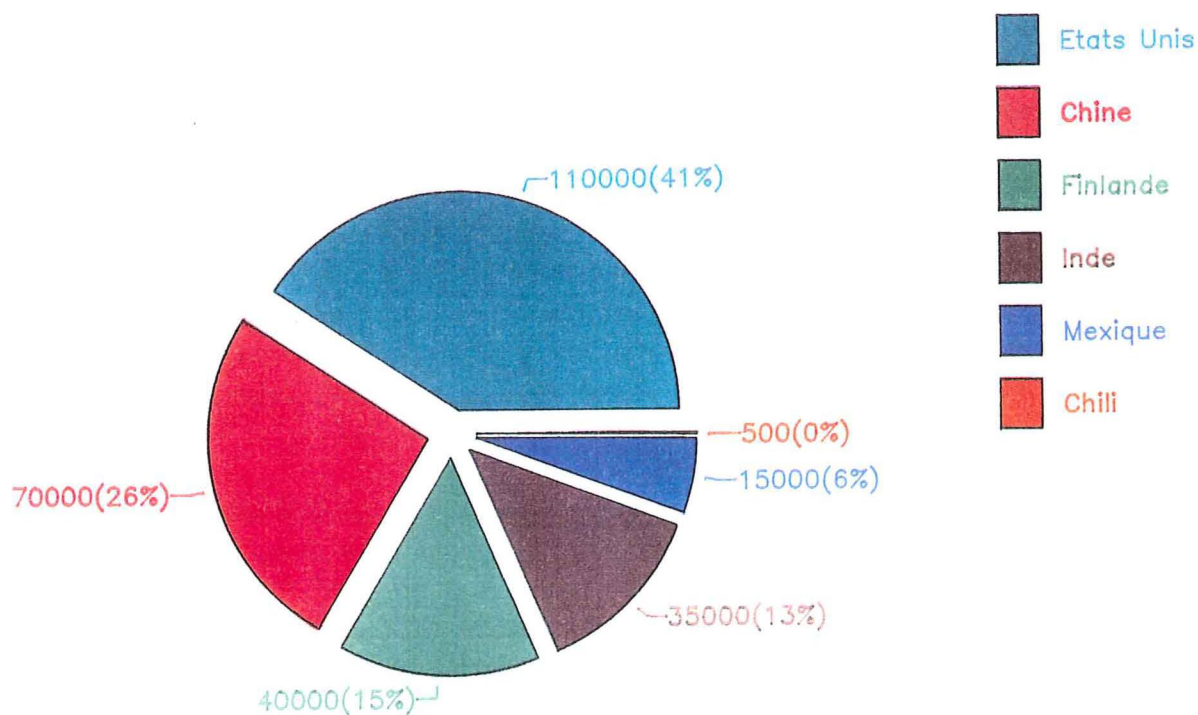


Fig. 3 - Production mondiale de wollastonite par pays, 1990 (source O'DRISKOLL, 1990).

Mémento roches et minéraux industriels - Wollastonite

PAYS	Société mère et filiales	Localisation	Nom de la carrière	Production annuelle (t)	Traitement	Produits	Granulométries commercialisées	Marché d'exportation
ETATS UNIS	NYCO Minerals Inc.	Willsboro Etat de New-York Willsboro	Seventy Mountain (Deerhead) Fox Knoll	70 000	Séparation	Aciculaire	100, 325 et 400 mesh	
	Vanderbilt Gouverneur Talc Co.	Gouverneur Etat de New-York	Harrisville	40 000	Sans traitement	Aciculaire	200, 325 mesh	vers l'Europe Ankersmit Holdings BV Pays-Bas
	Pfizer	Californie	Little and Big Maria Mountain	1000 ?	—	—	—	—
CHINE	Lishu Wollastonite Mining Co.	Panshi Province de Jilin	Changweizi et Dadingshan	50 000 (a)	Flottation?	Aciculaire	10-30 mm, 30-50 mm, 50-150 mm (blocs) 150-20 µ, 10-20 µ	Exportation de 40 000 t/a vers divers pays
	Daye Wollastonite Mine	Daye Province de Hubei	Daye	20 000 (a)	Flottation	Aciculaire	44 µ, 20 µ, 10 µ	
FINLANDE	Partek		Lapeenranta	40 000	Flottation	Poudre Aciculaire Modifié	70, 200, 325, 400; 625 mesh 10, 20, 40, 63 µ Selon client	Exportation vers pays divers en Europe et Scandinavie
INDE	Wolkem Pvt. Ltd.	Sirohi District	Belkapahar	60 000	?	Poudre	300, 200, 100 mesh ; n.c. = Kemolit	Modifié en G.B. n.c. = Snowfort d'autres marchés en Espagne, Bénélux, Etats-Unis, Australie et Japon
MEXIQUE	Minerales y Maquilas del Norte (MMN)	Zacatecas	La Blanca	15 000	—	Blocs Poudre	1,5" - 0,5" 3%+200 mesh 1% + 325 mesh	Une partie exportée vers le Texas (Etats-Unis)
	General de Minerales	Guadalupe	Panfilo Natura et Santa Fe	6000		Blocs Poudre	3" 3% + 200 mesh	
TURQUIE	Cannakale Ceramics Co.	Balikesir	Serçeören	5800?	?	?	?	Consommé par la même société
CHILI	?	Valparaiso?		500				Brésil et Argentine ?
URSS	—	Uzbekistan?	Nuratau Mt.	—	—			
KENYA		Lolkidongai	80 km sud de Nairobi	44	Abréviations : a = approximatif - n.c. = nom commercial mesh = maille américaine			
NAMIBIE		Cf. tabl. 2						

Tabl. 1 - Liste des principaux producteurs mondiaux de wollastonite.



Fig. 4 - Carte des pays producteurs de wollastonite.

Chine

La Chine compte trois mines en exploitation :

- Changweizi, Panshi, province de Jilin ;
- Dadingshan, Panshi, province de Jilin ;
- Xiaoshuanpu, Daye, province de Hubei.

Les deux premières sont exploitées par Lishu Wollastonite Mining Corp. (Lishu Corp) ; la dernière par Daye Wollastonite Mine. Ces trois mines se trouvent sous l'autorité de "China National Non-metallic Minerals Industry Corp." (CNMC).

D'après M. O'DRISCOLL (1990), la mine de Dadingshan a fourni 10 000 t en 1985 et celle de Xiaoshuanpu 20 000 t. Les autorités chinoises indiquent que chacune des trois mines est maintenant en mesure de produire 50 000 t. En tout cas, il semble que la Chine exporte 40 000 t/an vers l'Asie du Sud-est, le Japon et l'Europe de l'ouest, bien que différents auteurs (M. O'DRISCOLL, 1990 ; K. FOUNTAIN, 1986) aient indiqué que des problèmes de qualité et de continuité subsistent.

Inde

Les gisements d'importance majeure se situent à la jonction des districts de Sirohi, Pali et Udaipur dans le Rajasthan. WOLKEM Pvt. Ltd. exploite la wollastonite et la calcite à Belkaphar, district de Sirohi. Elle produit environ 60 000 t/an, dont la moitié est vendue sous forme de poudre sous le nom "Kemolit", l'autre moitié sous forme brute. Une partie de la production est exportée vers la Grande Bretagne, l'Espagne, le Bénélux, les Etats-Unis, l'Australie et le Japon. En Grande Bretagne, ce produit est modifié chimiquement puis vendu sous le nom de "Snowfort".

Mexique

Au Mexique, trois sociétés produisent de la wollastonite, dont une, MINERALES Y MAQUILA DEL NORTE SA (MMN) est basée à Santa Catarina et exploite la mine de la Blanca dans l'état de Zacatecas. Cette société produit 15 000 t/an de minerai pour une production de 9 000 t/an commercialisée en quatre granulométries et destinée presque exclusivement à l'industrie des carreaux céramiques à Monterrey, Saltillo, Mexico City et au Texas (Etats-Unis). La société GENERAL DE MINERALES, basée à Monterrey, est une filiale du groupe RAMOSA. Elle exploite deux gisements de wollastonite à Panfilo et Santa Fe dans l'état de Guadalupe. Elle produit de l'ordre de 6 000 t/an destinées à des sociétés céramiques appartenant au même groupement industriel. La troisième société, WOLLASTONITA DE MEXICO SA a récemment arrêté sa production.

Chili

Un seul gisement de qualité est exploité au Chili, à 60 km au nord-ouest de Santiago et à 50 km du port de Valparaiso. La production, de 500 t/an, est destinée essentiellement au marché local, avec des perspectives d'exportation vers le Brésil et l'Argentine.

Turquie

D'après F. KARAYAZICI (1988), la société Çanakkale Ceramics consommait 5800 t de wollastonite en 1986, sa propre production d'une carrière à Serçeören village, Balikesir.

Gisements en cours de développement

M. O'DRISCOLL (1990) fait état d'au moins douze projets relatifs à la wollastonite en cours de développement de gisements ou ressources de wollastonite en cours. Le tableau 2 présente en résumé les principaux acteurs. D'autres projets situés au Canada et en Tchécoslovaquie ont également été reportés sur ce tableau.

D'après ELEVATORSKI (1981), d'autres gisements de wollastonite existent au Soudan dans les "Red Sea Hills" au nord-ouest de Port-Soudan. En Espagne, près de la frontière portugaise, on signale un gisement de bonne qualité à Merida, province de Badajoz. En Pologne, près de Strzelin, il existe un gisement de wollastonite associé à des grenats et du diopside.

Enfin, en Turquie à Tahtakopru, Inegol, Bursa, un gisement mis en évidence en 1981 par Bifer Mining Inc. comprend 30 affleurements de qualité fortement variable. Le contexte est de métamorphisme de contact entre calcaires permien et dykes de diorite.

2.3.2 - PRIX DE LA WOLLASTONITE

En décembre 1990, M. O'DRISCOLL publiait les prix suivants pour les différentes granulométries (tabl. 3).

Wollastonite de Finlande £/t départ entrepôt en Grande- Bretagne		Wollastonite des Etats-Unis \$/US/short ton, FOB unité de production		Wollastonite du Mexique \$US/t, FOB unité de production	
Granulométrie (en maille)	Prix (£)	Granulométrie (maille)	wagon de 12 tonnes US\$	Granulométrie	Prix \$US
200 mesh	185-250	100 mesh	260	1,5 pouces	53,35
25 mesh	190-260	200 mesh	105	0,5 pouces	58,35
400 mesh	230-300	325 mesh	130-190	200 mesh	76,70
10 µm	450	400 mesh	210	325 mesh	95,00
40 µm	335				
63 µm	350				

Tabl. 3 - Données partielles sur le prix de la wollastonite, d'après M. O'DRISCOLL (1990).

Mémento roches et minéraux industriels - Wollastonite

PAYS	Société mère et filiales	Localisation Etat	District	Gisement	Réserves M = millions de tonnes	Association minéralogique	Commentaire
ETATS UNIS	NYCO	New-York	Lewis	Oak Hill	6 M	60% wollastonite 30% grenat 10% diopside	Gisement destiné à compléter les réserves déjà exploitées par NYCO à Willsboro (tabl. 1)
	Silkaman Gold Resources et White Plains Res. Co.	Nevada	Esmeralda	Tonopah	?	50% wollastonite	Potentiel > 100 000 t/an
CANADA	Cominco et Platinova Resources Ltd.	Ontario	Marmora	Deloro	< 1 M	Calcite <40% wollastonite Diopside	
	Ram Petroleum Ltd.	Ontario	Olden	Mt. Grove	0,95 M	Wollastonite 35% Diopside mineur Calcite	
	Performance minerals et Tri-Sil Mins. Inc.	Colombie Britannique	Vancouver	Wormy lake	0,74 M	?	Aspect ratio entre 20:1 et 35:1
	Archer Cathro et Assoc.	Colombie Britannique	Yukon Territories	?	?	?	448 km du port en Alaska
		Québec	Grenville	?	?	?	plusieurs petits gisements en cours d'étude
GRÈCE	Metallic et IM Mevior SA		Kimmeria		195 000 t	70% wollastonite 10% calcite	
MEXIQUE	Cia Minera Costelacion SA de CV (Cominco Res)	Sonora	Hermosillo	San Martin	490 000 t	wollastonite calcite diopside quartz	
NAMIBIE	Martin et Robson Ltd.			Usakos			La production aurait commencé (4500 t/an) ; minerai traité en Afrique du Sud
AFRIQUE DU SUD	Pelle Refractory Ores	Namaqualand	Garies	Modderfontein	2 M (minerai)	50-60% wollastonite	Production de 13 600 t prévue
ARABIE SAOUDITE				Bir Ash Shumt	0,5 M	34% wollastonite	Stade d'évaluation seulement
TCHÉCOSLOVAQUIE				Lazy Mochtin Skalka	? ? ?	30-80% de wollastonite	Trois gisements en cours d'évaluation

Tabl. 2 - Liste des gisements mondiaux de wollastonite en cours d'évaluation ou de développement.

L'évolution du prix à la tonne de la wollastonite est indiquée sur la figure 5. Depuis 1981, on constate un doublement du prix.

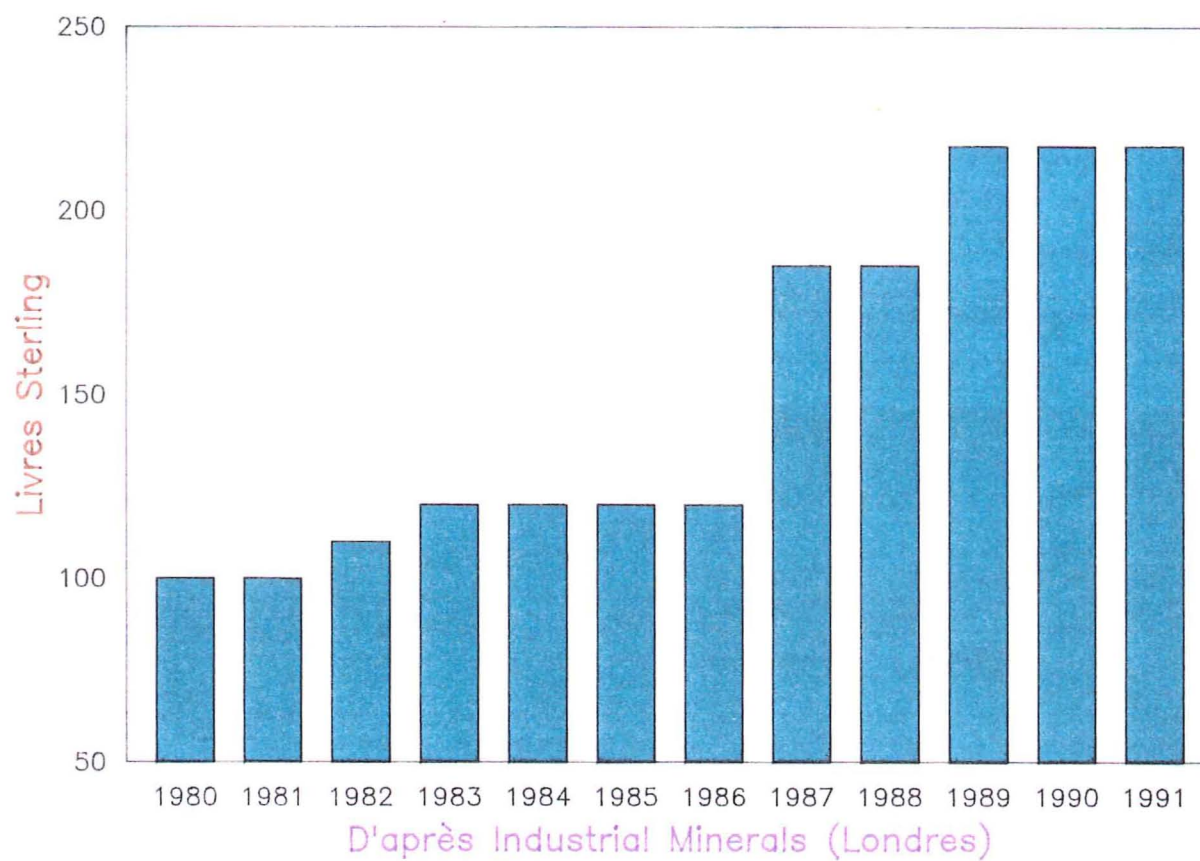
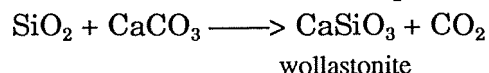


Fig. 5 - Evolution du prix de la wollastonite 300 mesh livrées Grande-Bretagne.

3 - GÉOLOGIE ET CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES

3.1 - GÉOLOGIE

La formation de wollastonite peut résulter de phénomènes par lesquels la silice et le calcium peuvent se combiner selon la formule simple suivante :



On peut invoquer :

- le métamorphisme de contact d'un calcaire siliceux ou un sable ou grès calcaire ; la température permettant ce processus à une profondeur faible est d'environ 600°C (d'après WINKLER, 1965) ;
- l'altération métasomatique d'un calcaire, durant laquelle le magma apporte la silice, l'alumine, le fer et le manganèse, qui forment les minéraux de skarn, y compris la wollastonite, le grenat, le diopside (ces deux derniers renferment une proportion importante du fer dans le gisement) ;
- la présence de carbonatites et/ou des roches volcaniques (Kenya ; Napak, Ouganda), auxquelles la wollastonite se trouve associée.

Tous les gisements d'importance commerciale connus résultent d'un métamorphisme de contact.

En France, d'après M. APARICO (1977) et A. LACROIX (1898), la wollastonite est connue à l'affleurement* dans le complexe éruptif de Quérigut (Pyrénées-Orientales) . Elle est également signalée dans le Puy-de-Dôme par F. GONNARD (1883) et dans la Loire, près de Montbrison par C. ROUX (1908). A. AUTRAN (comm. personnelle ; 1991) signale un affleurement sous la gare d'une station de sports d'hiver dans les Pyrénées, dans le secteur du Pic de la Sagette (Hautes-Pyrénées).

Le contexte métamorphique et pétrographique d'une série d'occurrences de wollastonite dans la province tectonique de Grenville, Québec, est présenté par G.J. SIMANDI *et al.* (1990).

3.2 - MINÉRALOGIE

La wollastonite fait partie des inosilicates, c'est-à-dire de structures en chaîne formées par des tétraèdres de $(\text{SiO}_3)^{2-}$ placés en file de part et d'autre d'une même

* : à Escouloubiers, où elle forme des anneaux autour des silex.

ligne. Elles sont liées par deux sommets, d'où l'obtention de chaînes illimitées dans lesquelles le rapport silice / oxygène est de 1 à 3. La liaison Si-O-Si de chaque tétraèdre adjacent est de 180° et peut être considérée comme une liaison polaire. En ce qui concerne la liaison des chaînes entre elles, elle se fait par ions positifs (Ca⁺⁺ dans le cas de la wollastonite) saturant les oxygènes des sommets libres des chaînes. Cette dernière liaison étant moins solide, il en résulte une structure fibreuse car la cohésion, grande dans la direction de la chaîne, l'est beaucoup moins dans l'autre direction. L'habitus aciculaire de la wollastonite, très recherché par l'industrie, est la conséquence de la structure en chaîne.

En roche, la wollastonite se présente en lames grossières ou en masses fibreuses, généralement de teinte très claire sinon blanche.

3.3 - CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES

Poids spécifique :2,8 à 3,0

Dureté (échelle de Mohs) : ...4,5 à 5

Point de fusion :1540°C

Il existe deux polymorphes du silicate de calcium. La wollastonite (sensu stricto), forme de basse température, et la pseudo-wollastonite qui se forme au-dessus de 1120°C et qui montre un coefficient d'expansion supérieur à la variété de basse température.

Les applications industrielles de la wollastonite sont nombreuses. La liste suivante indique les propriétés recherchées que l'on retrouve, bien entendu, dans les produits commercialisés.

Forme aciculaire

- contribue au renforcement mécanique,
- engendre une résistance à l'impact élevée,
- engendre des propriétés d'isolement acoustique,
- améliore la vitesse de séchage,
- réduit le retrait,
- améliore les qualités de pressage,
- améliore les qualités d'aplatissement,
- améliore la résistance à l'altération atmosphérique.

Basse expansion thermique : réduit le retrait.

Perte au feu inférieure à 1%

- ne redégage pas de gaz au moment de la cuisson,
- génère des surfaces très lisses.

Pureté chimique

- présente de basses teneurs en fer, titane et manganèse,
- absence d'alcalins, pH 9,9 aide à neutraliser l'acidité de certaines peintures (type PVA).

Couleur et absorption

- réflectance très élevée (84% à 93% sur échelle GE),
- faible absorption des huiles (26% en poids),
- très faible absorption de l'humidité.

Propriétés électriques : présente d'excellentes qualités d'isolation électrique dues à de faibles teneurs en impuretés.

Le tableau 4 présente une série de compositions chimiques concernant la wollastonite commercialisée.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
en %									
SiO ₂	46-53	50	52	51,80	52,00	48,77	49,82	47,95	48,73
CaO	43-50	43	45-46	44,50	47,00	48,02	38,40	47,50	37,84
Fe ₂ O ₃	0,1-0,2	0,08	0,3-0,4	0,56	0,31	0,43	0,96	0,58	6,63
MgO	0,2	0,04	1,0	0,22	-	0,06	-	0,78	3,63
Al ₂ O ₃	0,3-0,4	0,05	0,30-0,35	0,44	0,14	0,66	5,34	2,37	3,14
K ₂ O	-	-	0,3-0,4	0,01	-	0,11	0,34	0,14	-
Na ₂ O	-	-	0,15	0,10	-	0,02	-	0,47	-
Pertes au feu	1 à 3	2	1,3	2,2	0,55	1,68	4,56	0,52	-

1 = Chine : Dading Hills, Jilin.
2 = Chine : Hulan, Jilin.
3 = Huaning : Anhui.
4 = Finlande : Partek, Lapeenranta.
5 = Inde : Belkapahar, première qualité.
6 = Inde : Wolkem Pvt.
7 = Mexique : Zacatecas (General de Minerales SA)
8 = Turquie : Inegol.
9 = Etats-Unis : Willsboro, état de New-York.

Tabl. 4 - Compositions chimiques de quelques types de wollastonite commercialisée
(ROSKILL, 1987)..

4 - UTILISATIONS

La consommation estimée par secteur d'utilisation pour l'Europe et la France est présentée dans les figures 6 et 7.

4.1 - CARREAUX CÉRAMIQUE

Cette utilisation représente à l'heure actuelle de loin le plus grand secteur de consommation. Bien que peu pratiquée en France, l'incorporation de wollastonite dans la pâte pour carreaux céramique permet l'obtention de dimensions uniformes, de taux de retrait faibles, de taux d'évolution des gaz faibles et une cuisson rapide.

Au niveau du temps de cuisson, la présence de wollastonite dans une pâte céramique peut réduire le temps, entre 10 et 72 heures selon l'article, à seulement 2 heures, voire même 30 minutes. Certains pays ont adopté une nouvelle technologie nécessaire à la cuisson rapide : le Danemark, l'Allemagne et la Finlande. Par contre, la France et la Grande Bretagne restent fidèles aux technologies traditionnelles, ce qui explique leur faible consommation. Le tableau 5 donne une série de recettes pour la composition d'une pâte pour les carreaux muraux.

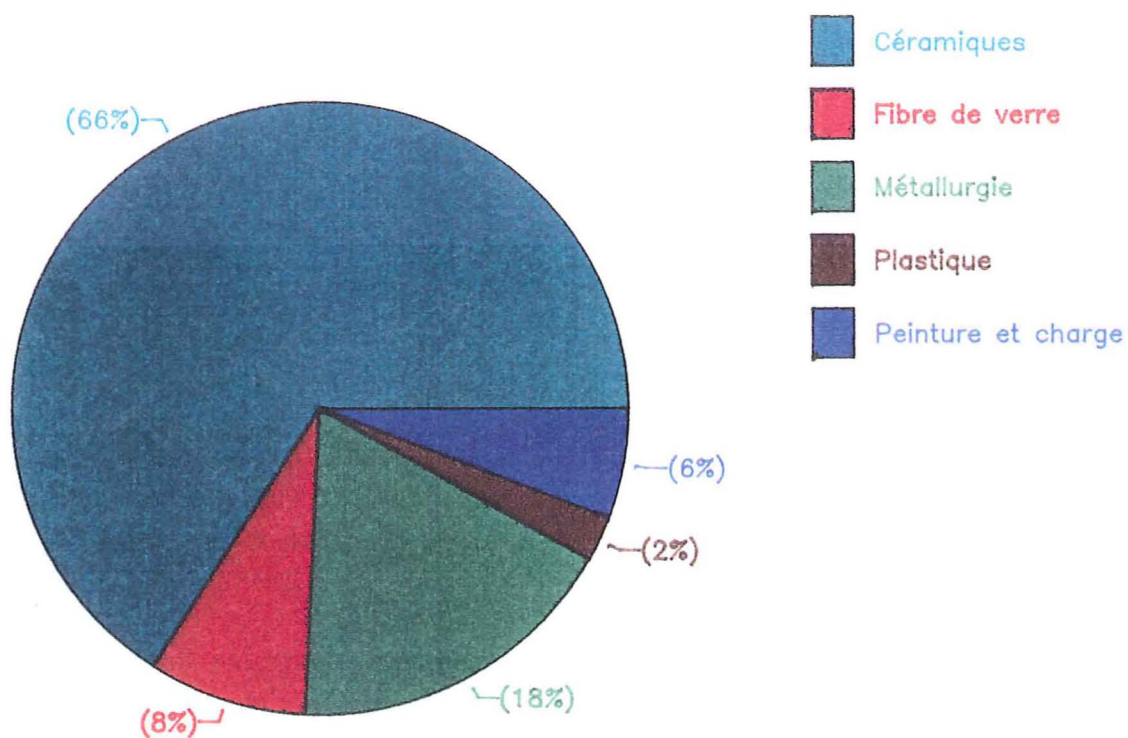
La société PARTEK Corp. (Finlande) produit 1,7 Mm² de carreaux céramique par an ; la teneur en wollastonite peut aller jusqu'à 50%, avec des températures de cuisson basses (1030-1080° C sur 30 minutes).

4.2 - PRODUITS SEMI-VITREUX

La substitution de 1 à 3% de wollastonite au chert ou au feldspath diminue le taux de retrait et augmente la résistance mécanique du produit fini.

4.3 - PRODUITS VITREUX

Dans des corps céramiques vitrifiés, le remplacement de 2 à 5% de feldspath / quartz par la wollastonite diminue le retrait ainsi que les températures de vitrification.



Consommation européenne de 85 000 tonnes

Fig. 6 - Secteurs d'utilisation de la wollastonite en Europe (sources anonymes).

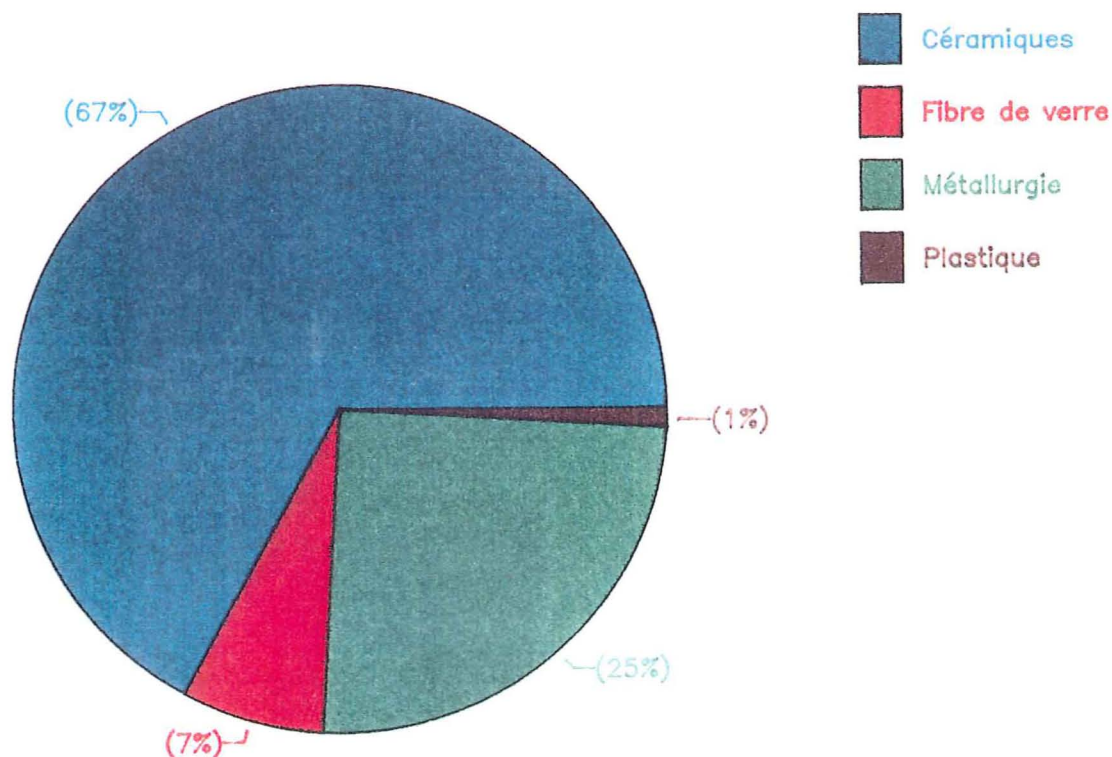


Fig. 7 - Secteurs d'utilisation de la wollastonite en France (sources anonymes).

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Wollastonite	5	8	36	55	55	60	67
Ball clay	28	24	31	30	30	20	30
Chert	—	17	—	15	15	—	—
Kaolin	—	—	—	—	—	20	—
Syénite néphélinique	—	—	—	—	—	—	3
Pyrophyllite	—	16	—	—	—	—	—
Talc	67	35	33	—	—	—	—
Temperature de cuisson °C							
min.	1 117	1 168	1 117	1 040	1 101	1 100	1 142
max.	1 162	1 196	1 154	1 060	1 120	1 140	1 162
Temps de cuisson (h)	—	—	—	1	3	—	—

Tabl. 5 - Procédés américains pour la fabrication de carreaux muraux incorporant la wollastonite (ROSKILL, 1987).

	(A)	(B)	(C)
Wollastonite	16	15	16
Chert	20	23	—
Zircon	8	12	—
Oxyde de zinc	2	8	3
Carbonate de baryum	5	—	—
Talc	2	—	—
Cendre volcanique	—	—	65
Feldspath	37	—	—
TOTAL	100	68*	100
* La répartition des 32% restants est : 13,3% SiO ₂ ; 10,1% B ₂ O ₃ ; 5,2% Al ₂ O ₃ ; 2,3% Na ₂ ; 1,0% K ₂ .			

Tabl. 6 - Procédés pour glaçures à base de wollastonite (ROSKILL, 1987).

4.4 - GLAÇURES, ÉMAUX ET FRITTAGE

Les émaux confèrent des propriétés variées et différentes aux surfaces d'un corps céramique. La wollastonite peut se substituer aux matériaux traditionnels (calcaire, chert) et sert à réduire la fraction volatile tout en améliorant la texture des émaux. Pour les carreaux de sol fabriqués en Finlande par une filiale de PARTEK, les émaux sont constitués de 100 % de wollastonite. Ce minéral forme aussi un excellent composant de frittage, où des températures relativement basses sont recherchées. La wollastonite trouve également une application importante dans les émaux de frittage, pour produire une surface matte ou stabiliser les couleurs. Le tableau 6 donne une série de compositions de glaçures, brevetées aux Etats-Unis.

4.5 - VERRERIE

Dans l'industrie du verre, la wollastonite est utilisée uniquement dans la fabrication de fibres de verre car on constate une diminution à la fois des grains de cristallisation et de la mousse de surface dans les mélanges en fusion. Ce secteur (fig. 5 et 6) représente 7 à 8% de la consommation de wollastonite en France et en Europe. En Finlande et au Mexique, une laine de roche est produite à partir de wollastonite avec une excellente résistance aux incendies.

4.6 - ACIERS ET SIDÉRURGIE

En France, la wollastonite est principalement utilisée en sidérurgie : le processus de coulée continue de l'acier nécessite un fondant de basse température, afin de maintenir la coulée en état de fusion. Ceci évite des défauts de surface sur le produit fini, c'est-à-dire la pièce moulée.

4.7 - CHARGES POUR MATIÈRES PLASTIQUES

La wollastonite aciculaire sert à renforcer les plastiques. Les secteurs déjà consommateurs sont les polyamides, les polyesters, les polymères à cristaux liquides, les polyuréthanes et les polyurées. La wollastonite convient très bien dans le processus de fabrication des matières plastiques par moulage à injection par réaction renforcée (RRIM).

Dans ce secteur, où la wollastonite sert de charge (filler) pour renforcer un matériau, d'autres substances sont en compétition : le verre, le carbone et l'aramide. La teneur en wollastonite d'un plastique est généralement comprise entre 10 et 40%. Par ailleurs, ce minéral présente l'avantage d'absorber très peu d'eau. Cependant,

les plastiques renforcés par la wollastonite peuvent montrer des résistances à l'impact relativement faibles.

Toutefois, afin de pénétrer le marché des charges renforçantes, les producteurs ont constaté le besoin de modifier chimiquement la wollastonite, afin de l'incorporer dans certains produits finis.

4.8 - LE TRAITEMENT CHIMIQUE ; LES MODIFICATIONS DE SURFACE

Beaucoup de charges minérales employées dans l'industrie des thermoplastiques montrent une capacité d'adhérence très faible ; à cet égard, la wollastonite n'est pas exceptionnelle. Il est donc nécessaire d'ajouter un liant. Les silanes sont utilisées dans les charges pour plastiques afin d'améliorer les propriétés physiques et électriques. Les substances dites "organosilicones", à base de wollastonite, ont été développées dernièrement ; elles améliorent considérablement le comportement des résines. Des liants à base de titane, les "titanates", réagissent avec les protons libres sur la surface du minéral de charge, formant une couche monomoléculaire qui est typiquement organophylique. Par sa dispersion facilitée dans des polymères, la wollastonite traitée avec des titanates entraîne une réduction de la viscosité et une amélioration des propriétés physiques par rapport à l'utilisation de fibre de verre dans un RRIM uréthane.

4.9 - PEINTURES

La forte blancheur, la faible absorption des huiles et le caractère alcalin font de la wollastonite un excellent produit de charge dans les peintures PVA, latex acrylique, peintures pour revêtements routiers et couches de base. Les peintures résistent mieux à l'usure, elles s'étalent facilement et sont de pH neutre.

4.10 - FLUX DE SOUDURE

La wollastonite est utilisée comme fondant dans les poudres de soudure. Les tiges de soudure sont d'ailleurs souvent recouvertes d'une mince couche de wollastonite.

5 - EXPLOITATION ET TRAITEMENT

L'exploitation de la wollastonite, comme de nombreux autres minéraux industriels, est effectuée le plus souvent à ciel ouvert. L'exception serait, d'après M. O'DRISCOLL (1990), la mine de NYCO à Fox Knoll, Willsboro, état de New-York, qui est exploitée en souterrain en raison de la proximité d'un parc national.

La société NYCO, le plus grand producteur mondial, traite le minerai de wollastonite de la façon suivante :

- extraction en souterrain à Fox Knoll et à ciel ouvert à Lewis (état de New-York) ;
- concassage, broyage, criblage ;
- séparation magnétique : récupération du grenat et du diopside, faiblement magnétiques.

La carrière de Lapeenranta (fig. 8), dans le sud-est de la Finlande (propriété de PARTEK Corp.) est exploitée en gradins coupés dans un amas de marbre à wollastonite, à plan elliptique, s'étendant sur une surface de 3,5 x 1 km. Le calcaire (marbre) et la wollastonite sont repérés visuellement sur le front de taille puis exploités séparément.

Le minerai de wollastonite subit un broyage et passe dans une première série de bacs à flottation afin de la séparer du calcaire et de produire un premier concentré. Le calcaire, de bonne qualité, est vendu pour couchage du papier. Le concentré de wollastonite est ensuite soumis à une séparation magnétique, un épaissement, un filtrage et un broyage. La nouvelle usine installée sur le site a une capacité de production de 40 000 t/an. Une tonne de concentré produit 500 à 600 kg de calcite et 150 à 200 kg de wollastonite.

Partek Corporation
Gisement de wollastonite, Lapeenranta, Finlande.
Schema de traitement.

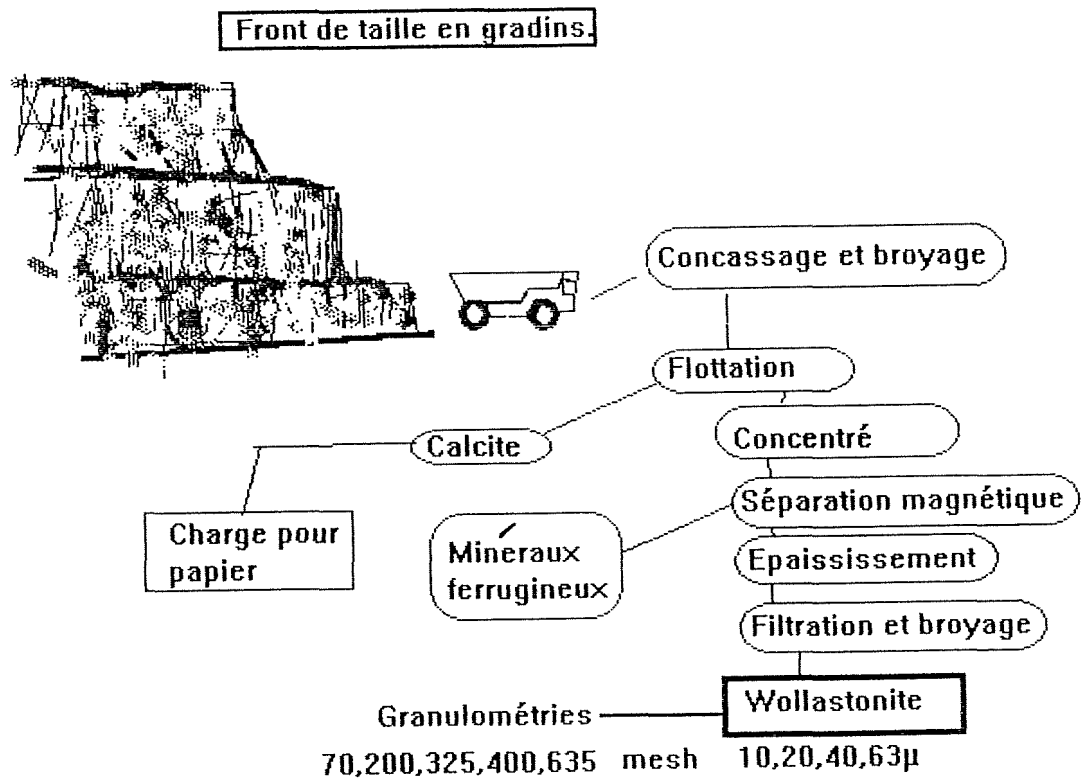


Fig. 8 - Schéma de traitement du gisement de Lapeenranta, Finlande.

6 - MATÉRIAUX DE SUBSTITUTION

6.1 - WOLLASTONITE DE SYNTHÈSE

Avec des composants de base abondants et peu chers (la chaux et la silice), la fabrication de wollastonite artificielle a été tentée dans les années 70 par un petit nombre de laboratoires, afin de concurrencer le produit naturel.

Deux organismes en Europe ont partiellement réussi ce pari.

Rheinische Kalksteinwerke (RKW) GmbH., à Wulrath, Allemagne, fabrique plusieurs types de wollastonite artificielle. Le mélange cru contient de la chaux vive, du calcaire, de la chaux hydratée et du quartz qui, après un broyage poussé, sont calcinés à 1450°C dans un four rotatif.

La société RKW commercialise la wollastonite artificielle sur la base de sa teneur en Fe_2O_3 (tabl. 7 ci-dessous).

Nom commercial	Teneur en fer (%)	Utilisations
SW	< 0,075	Céramiques
SM	< 0,2	Céramiques
SE	< 0,19	Métallurgie
SG	< 0,22	Métallurgie

Tabl. 7 - Types et variétés de wollastonite synthétique commercialisée par Rheinische Kalksteinwerke (RKW) GmbH. en Allemagne.

La qualité SW (<0,075 % de Fe_2O_3) est employée dans des émaux blancs (glaçures) et dans des frittages d'émaux, où on recherche le moins d'oxydes colorants possible combinés à une perte au feu très faible, pour éviter un pointillement de surface.

La société REDCO SA, pôle technique du groupe ETERNIT (Belgique) entreprend la synthèse de "xonotlite", un silicate de calcium hydraté, très proche cristallographiquement de la wollastonite. Cette société se spécialise dans la fabrication de petits sphéroïdes de porosité et/ou de densité variables selon le marché visé. Ces produits, commercialisés sous le nom de "Promaxon", sont utilisés dans le domaine des ajouts rhéologiques pour des résines et des peintures, comme agent de renforcement dans différentes matrices de polymères, comme porteur pour des liquides "secs", comme ingrédient de composants de friction sans amiante et enfin comme catalyseurs dans certaines réactions chimiques et biologiques.

Une étude française (M. VOUILLEMET, 1987) a montré la possibilité de fabriquer de la wollastonite avec une blancheur "Elrepho" de 93 et une perte au feu de 0,35%. Selon l'auteur, cette wollastonite de synthèse est supérieure aux 13 wollastonites naturelles disponibles sur le marché français.

6.2 - FIBRES MINÉRALES

Dans l'éventail des fibres minérales naturelles ou synthétiques, l'asbeste (amiante) et la fibre de verre sont les substances les plus aptes à remplacer la wollastonite. Cependant, dans des domaines bien précis et déjà évoqués dans le chapitre 4 du présent rapport, la tendance serait un remplacement de l'amiante et de la fibre de verre par la wollastonite. Le remplacement de l'amiante dans les éléments de garnitures de freins est déjà une réalité (PUGH, 1991).

6.3 - FONDANTS ET CHARGES

Dans les pâtes ou poudres céramiques destinées à la fabrication de carreaux, la wollastonite peut être remplacée par du feldspath ou du quartz. Pour les applications de frittage de glaçure ou des émaux, la chaux, la silice, sous forme de quartz ou chert, ont été partiellement remplacées par la wollastonite. Ils peuvent donc se substituer dans le sens inverse. En Grande-Bretagne, dans les processus de coulée continue dans la fabrication d'acier, on utilise la silice et la chaux comme fondants (pour des questions de coût), contrairement aux fabricants européens qui utilisent de la wollastonite.

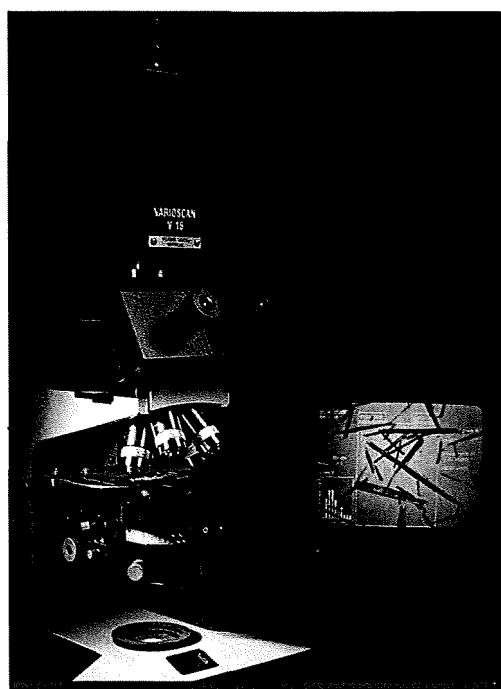
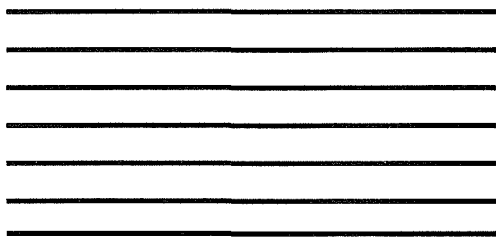
BIBLIOGRAPHIE

- APARICIO M. (1977) - Relation entre la déformation et le métamorphisme dans les skarns de l'auréole de contact du complexe éruptif du Quérigut, Pyrénées-Orientales. C. R. Acad. Sci., vol. 284, n° 18, p. 1753-1756.
- ELEVATORSKI E. (1981) - Wollastonite. In "Industrial Minerals and rocks". S. LEFOND ed., AIMM, Baltimore, Ma., USA, p. 1383-1390.
- FOUNTAIN K. (1986) - Chinese wollastonite, industry and commerce. In Proceedings, 7th Industrial Minerals International Congress, Monte-Carlo. G.M. Clark et J.B. Griffiths ed., p. 117-125.
- GONNARD F. (1883) - De l'existence de la roche à plagioclase et à pyroxène de Proguedas dans les formations gneissiques du sud-est du Plateau central (Puy-de-Dôme). Bull. Soc. française de Minéralogie et Cristallographie, vol. 6, p. 5-9.
- HARBEN P.W., BATES L.R. (1990) - Industrial Minerals; Geology and World Deposits (Wollastonite). Metals Bull., Londres, p. 299-301.
- KARAYAZICI F. (1988) - Industry structure, past, present and future, Turkey's Industrial Minerals. Industrial Minerals, n° 246, march 1988, supplement, p. 13-22.
- LACROIX A. (1898) - Sur l'existence de la wollastonite comme élément d'une aplite. Bull. Soc. française de Minéralogie et Cristallographie, vol. 2, p. 272-277.
- O'DRISCOLL M. (1990) - Wollastonite production. Industrial Minerals, n° 279, décembre 1991, p. 15-23.
- POTTER M.J., VIRTÀ R.L. (1989) - Wollastonite and Zeolites. Minerals Yearbook 1989, US Department of the Interior, Bureau of Mines, p. 1-3.
- PUGH K. (1991) - Brake linings; past, present and future. Industrial Minerals, n° 282, mars 1991, p. 49-53.
- ROSKILL (1987) - The Economics of Wollastonite, third edition. Roskill Information Services Ltd., Londres, 142 p.
- ROUX-C. (1908) - Nouveaux gisements de pyroxénites à wollastonite aux environs de Saint-Bonnet -le Courreau près de Montbrison (Loire). Ann. Soc. Linn. Lyon, vol. 55, p. 213-217.

- SIMANDL G.J., VAUQUETTE G., JACOB H.L., PARADIS S. (1990) - Gîtes de wollastonite, province tectonique de Grenville, Québec. C.I.M. Bull., février 1990, vol. 83, n° 934, p. 101-107.
- VOUILLEMET M. (1987) - Utilisation d'une wollastonite de synthèse. Agence Française pour la Maîtrise de l'Energie - Société française des Céramiques. Rap. 86-02-0078, 86 p.
- WINKLER H.G.F. (1965) - Petrogenesis of Metamorphic Rocks. Springer Verlag, p. 28-30.

ANNEXE

Document publicitaire (en langue anglaise) de PARTEK CORPORATION concernant l'exploitation, la production et les utilisations de la wollastonite finlandaise.



Finnish low iron wollastonite



Minerals Division



The Minerals Division of Partek quarries and refines industrial minerals to meet the requirements of industry. The company has focused on the production of white minerals with a high degree of purity. Partek produces talc at Luikonlahti in eastern Finland. The total refining capacity of the Luikonlahti plant is 300,000 tonnes a year. Partek produces wollastonite and calcite at Lappeenranta in southeastern Finland. The calcite is exclusively used in the manufacturing of paper coating pigments. The production capacity of the Lappeenranta plant is presently being increased and, upon completion, it will be 40,000 tonnes of wollastonite and 225,000 tonnes of calcite annually. The Minerals Division is employing more than 100 people.



Minerals Division
P.O. Box 61
SF-00501 Helsinki, Finland
Tel. +358 0 394 41
Telefax +358 0 394 4222
Telex 124 755 pksor sf

3. Enamels

Wollastonite acts as a natural frit in the production of porcelain enamels. The use of calcium silicate in the form of wollastonite has proved to be more economical than prefitting with limestone and silica.

Bodies

The addition of wollastonite to typical structural clay bodies improves forming, drying, firing and the quality of finished ware.

The wollastonite particle is needle-like and it is thought that a jackstraw effect tends to open the clay body to allow the escape of water vapour during drying and the early part of the firing cycle. During the final stages of firing, the same effect is observed on the products of ignition.

Rapid firing

With more and more rapid-firing schedules for ceramic goods being developed, wollastonite is effective in introducing body compositions withstanding firing cycles of 30 minutes and shorter.

Also in conventional kilns, the firing time can be considerably reduced by using wollastonite.

Plastics

The use of wollastonite as a functional filler in plastics is growing fast. The needle-like particle shape together with the other unique properties make wollastonite the optimal filler solution in an increasing amount of cases.

Wollastonite can be added to for example thermoplastics (polypropylene, PVC, nylon) and thermoset resins (polyester, phenolic, epoxy) giving increased strength, stiffness and stability as well as decreased moisture and thermal expansion properties to the end product.

Treating wollastonite with surface modifying reactants (silanes, titanates) can further improve the performance.

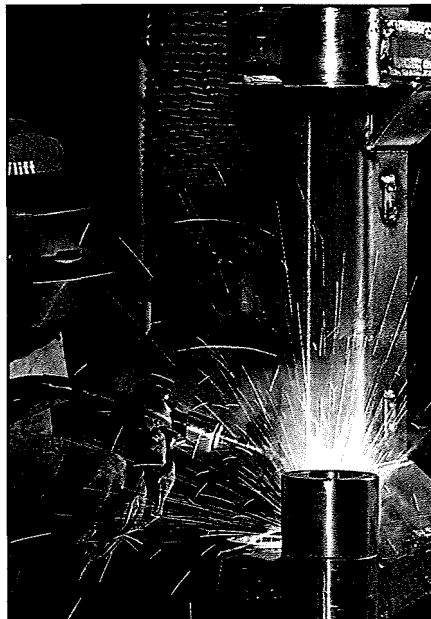
Paints

The brilliant whiteness, needle-like particle shape, low oil absorption and alkalinity in solution have made wollastonite a functional extender in many types of paints. These include PVA and acrylic latex paints, primers, traffic paints, coatings etc. Wollastonite improves resistance, durability, flow properties, controls pH and promotes easy smooth brushing.

Metallurgical powders

For many years wollastonite has been used as a metallurgical flux in welding powders. In addition it is also used as a coating on welding rods to facilitate flux application. Wollastonite improves rod performance and quality of the weld.

3. Many metallurgical powders contain wollastonite



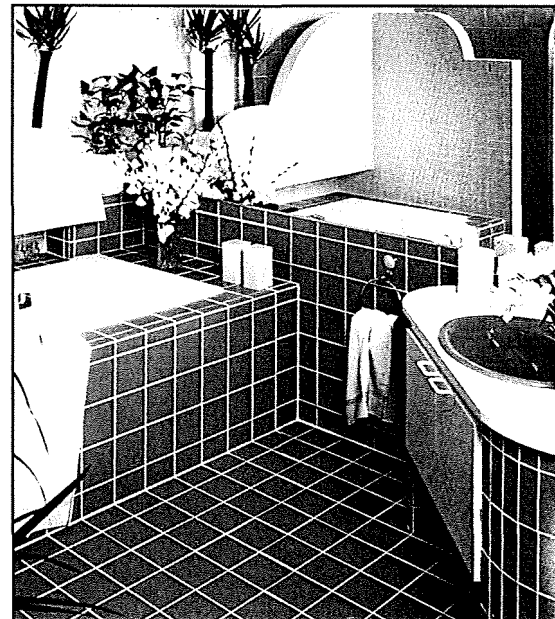
In recent years wollastonite has also found increasing use as an important ingredient in powders for continuous casting of steel.

Extender

Wollastonite can be used as a reinforcement and as a functional extender in:

- plasters
- marking compounds, wear resistant paints
- brake linings
- bitumen compounds, coatings, jointings, primers
- adhesives, caulking compounds, roof cements
- car undercoatings
- mild abrasives, polishing paste etc.

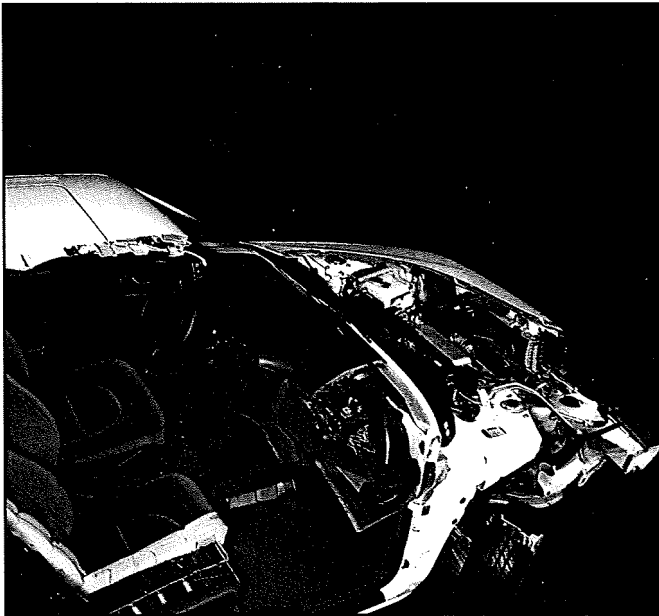
4. Wollastonite is traditionally used in ceramic glazes and bodies



Wollastonite is a natural mineral, calciummetasilicate (CaSiO_3). It is the only commercially available pure white mineral that is wholly acicular; typical length to diameter ratios range from 3:1 to 15:1. Wollastonite is used as an important ingredient in ceramic glazes and bodies, in metallurgical powders and also as a functional filler in plastics, paints, plasters, adhesives etc.

Natural wollastonite is produced in very few locations in the world. One of these is the Lappeenranta mine in southeastern Finland, owned and operated by Partek Corporation.

1. Wollastonite reinforced plastics are used in automobile exteriors and in under-hood parts.



2. Wollastonite as filler in anti-corrosive, traffic and textural paints.



Production

The wollastonite beneficiation is done by using a flotation process developed by Partek. After having gone through different flotation cells a pure and homogeneous wollastonite remains, which is dried and ground (iron-free) to meet classified specifications. The flotation process also produces a high brightness and high purity calcite used in the paper industry.

The Partek wollastonite is exported to some twenty countries in Europe and throughout the world.

Properties

Unlike all other natural minerals the unique properties of Partek wollastonite combine:

- an acicular particle shape
- a brilliant white colour
- a natural mix of calcium and silica

- low moisture and oil absorption
- low loss of ignition
- low iron content
- good dielectric properties
- good mechanical properties
- a homogeneous quality

For further information see our data sheets.

Applications

Ceramics

In all ceramic formulations the addition of wollastonite can stop cracking, dunting, crazing, breakage and glaze defects. Because wollastonite is composed of practically 100 % solid material there is minimal loss of ignition. Low shrinkage and no gas evolution during firing contribute to uniform sizing and smooth glazes.

The main advantages of wollastonite compared with conventional combinations of silica and calcite are:

Glazing

1. Raw glazing and glazing

Wollastonite has gained wide spread acceptance as a component in ceramic glazes (especially in tiles and sanitary ware) giving following advantages:

- better bonding to a body
- higher brightness
- smoother surface
- less cracking and breakage
- true proportioning and a premixing by nature of the Ca and Si components
- diminished pin-holing.

2. Frit

Wollastonite is used

- as a component in producing frit where the low melting heat is an advantage
- as a component in frit glazes for making a matt glaze or for stabilizing a certain colour or shade.