

MB 2018-41

Sélection des minéraux industriels utilisés comme charge minérale, Projet 2003-08

Documents complémentaires

Additional Files



Licence



Licence

Cette première page a été ajoutée
au document et ne fait pas partie du
rapport tel que soumis par les auteurs.

Énergie et Ressources
naturelles

Québec 

Projet 2003-08

**Sélection des minéraux industriels
utilisés comme charge minérale**

Par Gabriel Voicu

Avril 2003

INTRODUCTION

Le projet a pour but de répertorier les principaux minéraux ou groupes de minéraux industriels qui sont utilisés comme matière de charge. Les charges minérales sont des substances inertes qui entrent dans la composition de divers produits pour améliorer certaines caractéristiques ou pour diminuer les coûts. Les charges peuvent être naturelles ou synthétiques; seules les premières seront considérées pour l'atlas. Les principaux minéraux utilisés comme charge sont la silice, l'argile, le carbonate de calcium, la barytine, le feldspath, les borates, les zéolites, la wollastonite, le dioxyde de titane et le talc.

OBJECTIFS

Fournir une compilation des caractéristiques des principaux minéraux utilisés comme charge minérale en Amérique du Nord et proposer des substituts possibles des minéraux de charge présentement utilisés.

MÉTHODOLOGIE

- Compilation des caractéristiques des principaux minéraux utilisés comme matière de charge.
- Recherche sur le WEB et dans la littérature scientifique.
- Définir les propriétés spécifiques de chaque matériel qui sont considérées pour l'utilisation comme charge.
- Pour chaque matériel de charge, trouver des minéraux avec des caractéristiques physico-chimiques similaires qui peuvent être utilisés comme substituts.
- Tableaux comparatifs des propriétés physico-chimiques, des prix et du marché des matériaux de charge et des substituts possibles.
- Discuter les arguments pour et contre l'utilisation des substituts.

LIVRABLE

La fiche de chaque minéral de charge inclut :

1. Propriétés physico-chimiques et propriétés spécifiques
2. Photos (macro, micro, MEB/microsonde)
3. Production mondiale
4. Indices/Gisements/Production au Québec
5. Évolution des prix
6. Producteurs mondiaux et du Québec
7. Utilisation et Substituts
8. Substituts possibles
9. Liste de références

10. Adresses de sites web

Commentaires :

- A. Les propriétés physico-chimiques incluent : classe cristalline; système cristallin; formule chimique; dureté; densité; généralités; minéraux associés; forme cristallographique; clivage, fréquence; types de gisements.
- B. Les propriétés spécifiques incluent les propriétés qui sont effectivement prises en considération pour l'utilisation du minéral comme charge
- C. Pour la plupart des minéraux de charge, les prix sont présentés pour les derniers cinq ans (entre 1998 et 2002), tandis que la production mondiale est présentée pour 2001 et 2002.
- D. Substituts font référence aux matériaux de charge qui sont présentement utilisés à grande échelle.
- E. Substituts possibles représentent des matériaux de charge qui ont été testés dans un laboratoire ou qui sont utilisés très localement. Ils sont étiquetés dans le fichier PowerPoint comme « testé ». Les charges minérales sans cette étiquette sont proposées comme substituts possibles qui n'ont pas encore été testés.
- F. La liste de références inclut habituellement des livres, articles de journaux, etc., généralement publiés après 1997. Pourtant, il y a dans la liste des livres de références sur certains minéraux qui sont publiés avant 1997.
- G. Les sites web ont été choisis en fonction de la qualité et de la quantité d'information qu'ils contiennent, ainsi que par la présence d'autres liens utiles qui réfèrent à d'autres sites web.

CONSOREM

Projet 2003-08: Sélection des minéraux industriels utilisés comme charge minérale

GABRIEL VOICU

**Arianne – Aurizon - Cambior - Majescor - Maude Lake - McWatters -
Noranda - Soquem – Virginia
Développement Économique Canada - Ministère des Ressources naturelles
du Québec - Ministère de la science et des technologies du Québec -
UQAM - UQAC**

CONSOREM

La liste des minéraux

Silice	Kaolin	Carbonate de calcium
Talc	Barytine	Dioxyde de titane
Feldspath	Mica	Borates
Zéolites	Wollastonite	

ATLAS

L'atlas des minéraux industriels contient:

1. Propriétés cristallographiques:
 - A. Système cristallin
 - B. Classe cristalline
2. Propriétés physico-chimiques et propriétés spécifiques
3. Photos (macro, micro, MEB/microsonde)
4. Production mondiale
5. Indices/Gisements/Production au Québec
6. Évolution des prix
7. Producteurs mondiaux et au Québec
8. Utilisation et Substituts
9. Substituts possibles

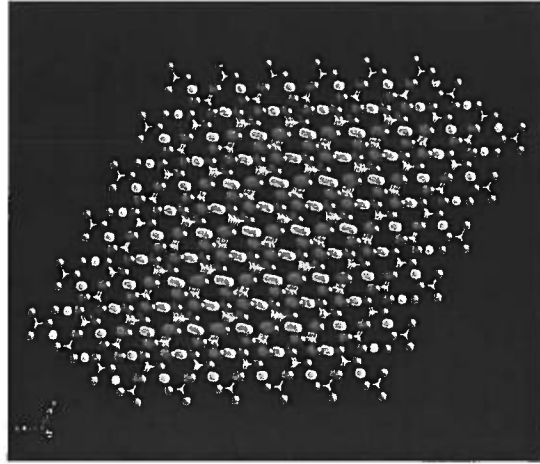
Carbonate de calcium – Propriétés physiques et chimiques

- **Nom:** Calcite; **Classe:** Carbonates; **Formule:** CaCO_3 (Ca peut être partiellement remplacé par Mg, Fe, Zn et Co et Mn); **Dureté:** 3; **Densité:** 2.71 g/cm³; **Système cristallin:** Rhomboédrique; a : 4.991 Å c : 17.062 Å alpha : 90° gamma : 120° Z : 6; Classe cristalline : -32/m
- **Généralités:** La calcite est l'un des minéraux les plus communs et les plus largement distribués à la surface de la Terre. C'est le constituant principal des roches carbonatées sédimentaires (calcaires de types variés), métamorphiques (marbres) et magmatiques (carbonatites). Elle est aussi un minéral de gangue dans de nombreux types de minéralisations. Les faciès des cristaux sont très variés (plus de 700 formes connues) : rhomboèdres aigus ou obtus, prismes allongés ou tablettes très aplaties, scalénoèdres de divers types souvent très modifiés. Elle est aussi assive, compacte à granulaire, ou cryptocristalline. Finement ou grossièrement fibreuse, stalactitique, nodulaire, parfois lamellaire ou terreuse. Transparente à opaque. Eclat vitreux, mat dans les variétés compactes. Incolore ou blanc, ou faiblement teintée en gris, rouge, vert, bleu, violet, brun, parfois noir. Poussière incolore. Certaines calcites sont fluorescentes à l'ultraviolet. Très répandue, elle est associée à de très nombreux minéraux.
- **Minéraux associés:** extrêmement variés, différent selon le contexte: Galène Pyrite Ankérite Barytine Dolomite Fluorine Quartz
- **Forme:** très fréquente en cristaux: rhomboèdres, prismes allongés, scalénoèdres, masses grenues ou lamellaires
- **Clivages:** net (10.1)
- **Fréquence:** un des minéraux les plus répandus
- **Gisements:** minéral constitutif de nombreuses roches sédimentaires (calcaires), éruptives (carbonatites) et métamorphiques (marbres, cipolins), gangue très fréquente de gîtes hydrothermaux

Carbonate de calcium – Propriétés spécifiques

- © **Blancheur élevée**
- © **Faible abrasivité**
- © **Granulométrie fine**
- © **Pureté chimique et minéralogique ($\text{CaCO}_3 > 90\%$)**
- © **Minimum d'impuretés insolubles**
- © **Pourcentage bas de dolomite**

La structure de la calcite



Carbonate de calcium - Images



Image macroscopique - calcite



Image au microscope, LP

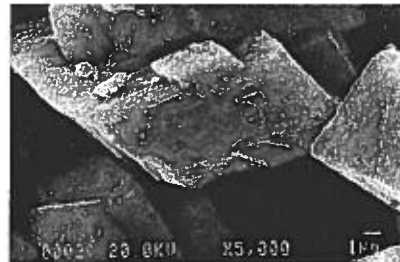


Image au microscope électronique

Dans la nature il y a 3 minéraux de carbonate de calcium: calcite, aragonite et vaterite

Carbonate de calcium – Utilisation et Substituts

UTILISATION

Le carbonate de calcium industriel est produit par 2 méthodes:

- 1) extraction du minéral naturel (Ground Calcium Carbonate-GCC);
- 2) par précipitation chimique (carbonate synthétique) (Precipitated Calcium Carbonate - PCC).

GCC provient de calcaire, dolomite, marbre, craie et travertin de pureté suffisante.

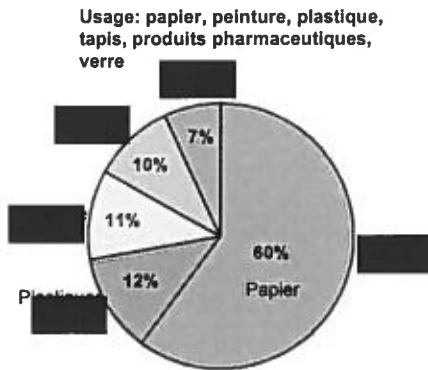
PCC est produit par la synthèse du soda caustique (Solvay method ou caustic soda production) ou par le processus de recarbonatation (recarbonizing process).

Le carbonate synthétique est utilisé comme charge blanche dans l'industrie du papier (75 % de la consommation), des peintures, plastiques, caoutchouc.

SUBSTITUTS

Présentement il n'y a pas des substituts pour le carbonate de calcium

CaCO₃ constitue en volume la charge minérale la plus utilisée.



Carbonate de calcium – Substituts possibles

1. Les exigences de plus en plus poussées des imprimeurs nécessitent de produire des papiers possédants des propriétés optiques et d'imprimabilité supérieures. L'atteinte de ces objectifs repose sur l'incorporation de pigments et/ou de charges minérales dans le papier. Le carbonate de calcium s'avère une alternative intéressante à la glaise actuellement utilisée, car le carbonate de calcium possède des caractéristiques optiques supérieures à la glaise pour un coût similaire. Cependant, le carbonate de calcium a tendance à se dissoudre en milieu acide pour produire des ions calcium et du gaz carbonique dans les eaux blanches. Les ions calcium peuvent alors réagir avec certains composés du bois (matières colloïdales) présents dans l'eau blanche, ce qui favorise la formation de dépôts, affecte l'opération de la machine à papier et diminue la qualité du papier produit. Les papiers à valeur ajoutée sont principalement constitués de pâte thermomécanique (PTM). Puisque ce procédé fonctionne à un pH acide, la présence du carbonate de calcium dans l'eau blanche aura un impact très négatif sur les opérations de raffinage et de fabrication du papier. Les zéolites naturels et synthétiques peuvent accroître l'efficacité de séquestration des ions calcium, ce qui a des effets positifs sur les opérations de raffinage et de fabrication du papier.
2. Le carbonate de Ca pourrait être remplacé comme charge dans le papier par:
 - kaolin, qui, à cause de la forme aplatie des cristaux, donne une plus basse perméabilité de l'air que le CaCO₃.
 - kaolin et talc, qui ont l'aire de la surface spécifique plus grande que celle du CaCO₃, ce qui permet la fermeture des pores du papier, c-à-dire une basse perméabilité. En plus, le kaolin et le talc améliorent l'aspect lisse du papier dû à leurs particules aplaties, contrairement aux particules de CaCO₃ qui ont des formes de rhomboèdre ou de scalénoèdre.
 - kaolin et micas qui améliorent les propriétés mécaniques (solidité, indice de tension, dureté) du papier plus que le CaCO₃

CONSOREM

Carbonate de calcium - Prix et Production mondiale

Prix (en \$ US/t)*

	2000	2001
Prix	57-102	57-99

* en fonction de la qualité

Production mondiale (par pays, en tonnes métriques * 1000)

Pays	2001	2002
Chine	22 000	23 000
États-Unis	18 900	18 400
Japon	8 100	7 500
Russie	8 000	8 000
Allemagne	7 000	7 000
México	6 500	6 500
Autres	47 500	45 600
TOTAL	118 000	116 000

CONSOREM

Carbonate de calcium - Québec

	NOMMINÉ PRODUIT (UNE)	NOM COMMERCIAL (NON MÉTALLIQUE)
1	32000	MINÉ DE CALCAIRE DE METABETCHOUAN
2	32000	MINÉ RABBIT
3	32000	MINÉ PAIR DE GRÈS
4	32000	MINÉ ST LAWRENCE COLLEENAN
5	32000	MINÉ DE GRÈS VILL. DE ST
6	32000	MIN. DE GRÈS DE CALAHEIT
7	32000	MINÉ CALAHEIT GRAPHITE
8	32000	MINÉ DE LAC METCALLEWAY
9	32000	MINÉ HILLS GRAPHITE
10	32000	MINÉ TULLYVILLE-FAIRLAND
11	32000	MINÉ RAY
12	32000	MINÉ WILKES (WILKES)
13	32000	MINÉ GRANT (GRANT HILL)
14	32000	MINÉ WILKINS
15	32000	MINÉ ST-HUBERT
16	32000	MINÉ DE GRÈS GRAPHITE
17	32000	MINÉ BELLE & BLANCHE
18	32000	MINÉ WALLINGFORD (DEACONS)
19	32000	MINÉ BIRCH
20	32000	MINÉ MCDONALD
21	32000	MINÉ HENRIE (HUR)
22	32000	MINÉ CARIBOU
23	32000	MINÉ JACKSON BAR
24	32000	MINÉ COBY
25	32000	MINÉ DU SITE #24 - MADAM
26	32000	MINÉ WYTRAL & RECHARD
27	32000	MINÉ WET & CO
28	32000	MINÉ BARRATT (OLD CHESDA)
29	32000	MINÉ GOW (YVARD)
30	32000	MINÉ FLATHERSTONE
31	32000	MINÉ SCOTT
32	32000	MINÉ OTTAWA VALLEY
33	32000	MINÉ BARRATT
34	32000	MINÉ BOPHA (LEE BROTHERS)
35	32000	MINÉ POST
36	32000	MINÉ PERKINS (SUD)
37	32000	MINÉ PERKINS (NORTH)
38	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
39	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
40	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
41	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
42	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
43	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
44	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
45	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
46	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
47	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
48	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
49	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
50	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
51	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
52	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
53	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
54	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
55	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
56	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
57	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
58	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
59	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
60	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
61	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
62	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
63	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
64	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
65	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
66	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
67	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
68	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
69	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
70	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
71	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
72	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
73	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
74	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
75	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
76	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
77	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
78	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
79	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
80	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
81	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
82	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
83	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
84	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
85	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
86	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
87	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
88	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
89	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
90	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
91	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
92	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
93	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
94	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
95	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
96	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
97	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
98	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
99	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)
100	32000	MINÉ PERKINS (GRAPHITE)



Carbonate de calcium *CONSOREM* Producteurs/Distributeurs (Amérique du Nord)

ARCHWAY SALES INC
Aurora COLORADO,
Call 1-800-272-1129
Suite 404 - 1828 Swift Avenue.
N. Kansas City, MISSOURI
USA 64116
Tel: 816-471-2176
Toll Free Tel: 1-800-272-1129
Fax: 816-421-1768

4155 Manchester Avenue
St. Louis, MISSOURI
USA 63110-3823
Tel: 314-533-4662
Toll Free Tel: 1-800-272-4929
Fax: 314-533-3386

2990 Airways Blv.
Memphis, TENNESSEE
USA 38116
Tel: 901-346-2012
Toll Free Tel: 1-800-272-5129
Fax: 901-346-2019

SPECIALTY CHEMICAL SALES
4361, West 160 Street
Cleveland OHIO
USA 44135
Tel: 216-267-5950
Fax: 216-267-4248
E-mail: edlesho@specialtychemicalsales.com
Website: www.specialtychemicalsales.com

7493 Fallbridgeline, W. Chester
Cincinnati, OHIO
43069 USA
Tel: 513-333-7704
Fax: 513-759-2795
E-mail: edlesho@specialtychemicalsales.com
Website: www.specialtychemicalsales.com

111 W Lament Court
Canyon, Michigan
USA 48187
Tel: 734-981-7995 phone
Fax: 734-981-7101 fax.
E-mail: edlesho@specialtychemicalsales.com
Website: www.specialtychemicalsales.com

EASTECH CHEMICAL INC.
5700 Tacoma Street
Philadelphia, PENNSYLVANIA
USA 19135
Tel: 215-537-1000
Fax: 215-537-8575
Website: www.eastechchemical.com

2700 J B Deschamps St.
Lachine QUEBEC
Canada H8T 1E1
Tel: 514-631-9451
Fax: 514-631-0914
E-mail: vwr-ld.com/contact/cv/
Website: www.vwr-ld.com

32 Mosher Drive
Dartmouth NOVA SCOTIA
Canada B3B 1K8
Tel: 902-468-5413
Fax: 902-468-3870
1-800-263-9451
Website: www.vwr-ld.com

VAN WATERS & ROGERS
64 Arrow Road
Weston ONTARIO
Canada M9M 2L9
Tel: 416-740-5300
Fax: 416-740-2327
E-mail: vwr-ld.com/contact/cv/
Website: www.vwr-ld.com

100 McArthur St.
Valleyfield QUEBEC
Canada J6S 4M5
Tel: 450-371-1086
Fax: 450-371-8617
E-mail: vwr-ld.com/contact/v/
Website: www.vwr-ld.com

McCULLOUGH & ASSOCIATES
15822 Fairchild Drive
Tampa FLORIDA
USA 33647
Tel: 813-977-6730
Fax: 813-977-6720
E-mail:
sales@mcouloughandbenton.com
Website: www.mconusa.com

PO Box 29803
Atlanta GEORGIA
USA 30359
Tel: 404-325-1606
Fax: 404-329-0208
E-mail:
sales@mcouloughandbenton.com
Website: www.mconusa.com

9303-C Monroe Road
Charlotte NORTH CAROLINA
USA 28270
Tel: 704-845-9141
Fax: 704-845-4028
E-mail:
sales@mcouloughandbenton.com
Website: www.mconusa.com

**STRAUCH CHEMICAL
DISTRIBUTORS INC.**
Suite 34, 741 So. Frontage Road
Burr Ridge ILLINOIS
USA 60521
Tel: 630-323-4363
Fax: 630-323-4389

Carbonate de calcium Producteurs/Distributeurs (Europe)

CONSOREM

CALCIUM CARBONATE ASSOCIATION
(CCA - Europe) - www.cca.eu

ANKERPOORT NV
Op de Bos 260, PO Box 260
NL-6200 AG Maastricht
The Netherlands
Tel: 31 433 98 37 37
Fax: 31 433 85 03 03
<http://www.ankerpoort.com>

CARMEUSE Coordination Center
Bld. de Lauzelle, 65
B-1348 Louvain-La-Neuve
Belgium
Tel: 32 10 48 16 00
Fax: 32 10 48 16 67
<http://www.carmeuse.com>

**VEREINIGTE KREIDEWERKE DAMMANN
KG**
Hildeheimer Strasse 3
D-31185 Sohde
Germany
Tel: 49 5129 01317
Fax: 49 5129 781317

DANKALK
Aggersvej 50
DK-9670 Legater
Denmark
Tel: 45 98 67 31 55
Fax: 45 98 67 14 16
<http://www.dankalk.dk>

HUBER ENGINEERED MATERIALS
Fava Paper Pigments (Denmark) A/S
Strandplanen 110
DK-2865 Valerboeskov Strand
Denmark
Tel: 45 43 567 100
Fax: 45 43 567 275
<http://www.huber.com>

MERYB MINERALS LTD
John Keay House
St. Austell
Cornwall PL25 4DJ
UK
Tel: 44 1726 818 427
Fax: 44 1726 818 008
<http://www.meryb.com>

WENGAIN
Lilje Lane, Ely
Cambridgeshire
CB7 4AS
ENGLAND
Tel: (44) 135-366-8181
Fax: (44) 135-366-8102
Website: www.wengain.co.uk

ONYA SPA
Via A. Cechov, 48
I-20151 Milano
Italy
Tel: 39 2 380831
Fax: 39 2 38083701
<http://www.onya.com>

ONYA OY
Kamrkatu 30
FIN-00130 Helsinki
Finland
Tel: 358 9 476 47304
Fax: 358 9 476 47400
<http://www.onya.com>

FORDAMIN CO. LTD.
Free Wharf, Brighton Road
Shoreham-by-Sea
West Sussex BN43 6RE
U.K.
Tel: 44 1273 452331
Fax: 44 1273 464741

LONGCLIFFE QUARRIES LTD.
Brasington, Mellock
Derbyshire DE4 4BZ
U.K.
Tel: 44 1629 540284
Fax: 44 1629 540569
<http://www.longcliffe.com>

SPECIALTY MINERALS LIFFORD
Lifford Lane, Kings Norton
Birmingham B30 3TW
U.K.
Tel: 44 121 252 4320
Fax: 44 121 252 4356

TILCON INDUSTRIAL POWDERS LTD.
Tunstall House
Buxton, Derbyshire DE4 4BZ
U.K.
Tel: 44 1298 768455
Fax: 44 1298 768456
MERYB MINERALS LTD
John Keay House
St Austell, Cornwall, PL25 4DJ
Tel: 44 1726 818 116
Fax: 44 1726 823 019

LHOIST SA
50 Chaussée des Collines
B-1300 Wavre
Belgium
Tel: 32 10 233 008
Fax: 32 10 233 050
<http://www.lhoist.com>

SPECIALTY MINERALS TECHNOLOGIES
9 Highland Avenue
Berlincourt PA 18017-9482
United States of America
Tel: 1 810 861 3405
Fax: 1 810 862 3183
<http://www.minerals-tech.com>

ONYA AB
Kalendegatan 18
S-21135 Malmö
Sweden
Tel: 46 40 20 67 15
Fax: 46 40 12 95 60
<http://www.onya.com>

ONYA AG
Balestrasse 42 Postfach 32
CH-4685 Ohingen
Switzerland
Tel: 41 62 789 23 11
Fax: 41 62 789 23 18
<http://www.onya.com>

ONYA BENELUX SA/NV
Place Eugène Neyn 43
B-1170 Brussels
Belgium
Tel: 32 2 674 23 14
Fax: 32 2 674 23 47
<http://www.onya.com>

ONYA GMBH
Brohler Strasse 11A
D-50968 Köln
Germany
Tel: 49 221 3775 238
Fax: 49 221 3775 358
<http://www.onya.com>

SOLVAY
Via Venezia 2/4
I-21021 Angera (Va)
Tel: 39 0331 939 620
Fax: 39 0331 939 609

**Syndicat Des Blancs de Craie de Marbrès
et de Delme (SNC-Craie)**
3 rue Alfred Rofl, F-75849 Paris Cedex 17, France
Tel: 33 144 014701, Fax: 33 147 632690

ONYA SAS
Quai André Citroën, 35
F-75725 Paris Cedex 15
France
Tel: 33 140 58 44 01
Fax: 33 140 58 44 09
<http://www.onya.com>

British Calcium Carbonates Federation (BCCF)
ONYA UK LTD.
P.O. Box 142
Reiford Road, Workop
Nottinghamshire NG20 2YJ
U.K.
Tel: 44 1909 543 300
Fax: 44 1909 543 302
<http://www.onya.com>

BEN BENNETTS JNR. LTD.
Lilje Road, Rotherham,
South Yorkshire S60 3RL
U.K.
Tel: 44 1709 369206
Fax: 44 1709 369206

FRANCIS FLOWER
Glenway Shale
Nr. Bath, Somerset BA3 4TE
U.K.
Tel: 44 1749 841146
Fax: 44 1749 841285

CONSOREM

Carbonate de calcium – Producteurs/Distributeurs - Monde

• **Producteurs PCC:**

Argentine: Imerys; Huber Engineered Materials; Minera Tea SA;

Brésil: Huber Engineered Materials; Imerys; Minerals Technologies Incorporated (MTI); (Jacarei plant; Luis Antonio plant; Mucuri plant; Suzano plant)

Chine: APP China Specialty Minerals Pte Limited; Changxing Biochemical Institute; Fujian Yonganshi Yueta Calcium Carbonate Company Limited; Guangping Chemical Industrial Enterprise Company Limited; Hangzhou Advanced Calcium Carbonate Chemical Company Limited; Hangzhou Huajing Calcium Carbonate Company Limited; Jiapu Chemical Company; Jiawei Chemicals Industrial Company Limited; Okutama Kogyo Company Limited; Quzhou Jinniu Calcium Carbonate Company Limited; Shanghai Da Yu Biochemistry Company Limited; Shanghai Xuemei Fine Chemicals Factory; Tianshi Calcium Carbonate Company Limited; Zhejiang Linghua Chemicals Group Company Limited;

Inde: Calchem Industries (India) Limited; Citurgia Biochemicals Limited; Lime Chemicals Limited;

Indonesie: PT Sinar Mas Specialty Minerals; PT Light Calsindo Raya; PT Bumi Kencana Murni Chemical Industry;

Japon: Imerys; Maruo Calcium; Nichia Chemical Industries Ltd; Okutama Kogyo Co Ltd; Shiraishi Calcium Kaisha Limited; Specialty Minerals FMT KK;

Corée du Sud: Baek Kwang Mineral Products Company Limited; Dongho Calcium;

Malaisie: Schaefer Kalk Malaysia Sdn Bhd; Minerals Technologies Incorporated;

Mexique: Imerys; Infra Derivados Quimicos (IDQ); Minerals Technologies Incorporated;

CONSOREM

Carbonate de calcium - Références

Ciullo, P.A., (ed) 1996 - Industrial Minerals and their Uses, p. 632 <http://www.chemtec.org/books/book1-28.html>

Wypych, G., 2000 Handbook of fillers, p. 910 <http://www.chemtec.org/books/books1-7.html>

Harrison, D.L., 1993 - Coated PCC's in sealant applications, Industrial minerals, no. 310, pp. 35-43.

O'Driscoll, M., 1990 - Fine carbonate filler - PCC breaks ground in paper. Industrial Minerals, no. 276, 21-43.

Trivedy, N.C., Hagemeyer, R.W., 1994 - Fillers and coatings; Industrial Minerals&Rocks, 6th ed, D.D. Carr (ed), SME, Littleton, CO, pp. 483-495.

Jacob, H. L., Inventaire des gisements de minéraux industriels offrant un potentiel pour la production de charges minérales. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec. Mb 87-43.

Jacob, H. L., Guide pour la prospection des minéraux industriels au Québec. Ministère des Ressources naturelles du Québec, PRO 2000-07.

Harben, P. W., M. Kuzavart. Industrial minerals. A global geology. Industrials information ltd. Metal bulletin, PLC London, 462 pp.

Van Savage, Eleanor, 2001, PCC market hurt by pulp and paper slowdown: Chemical Market Reporter, v. 260, no. 21, December 3, p. 26, 36.

Lime and Limestone—Chemistry and Technology, Production and Uses, Wiley—VCH Verlag GmbH, 1998.

Smith, M., 1984 - Calcium carbonate fillers plastics and paper to grow. Industrial Minerals, p. 23-35.

Bleek, J., 1996 - Calcium carbonate fillers: crushed vs precipitated. Proceedings, 12th Industrial Minerals Congress, Chicago, IL, M.J. O'Driscoll, ed., p. 93-98.

Fattah, H., 1995 - North American GCC - the finer, brighter side of life. Industrial Minerals, no. 329, p. 33-47.

Harrison, D.L., 1993 - Coated PCC's in sealant applications. Industrial Minerals, no. 310, p. 35-43.

Matter, F., 1996 - Calcium carbonate: future outlook from mine to markets. Proceedings, 12th Industrial Minerals International Congress, Chicago, IL, M.J. O'Driscoll, ed., p. 99-101.

O'Driscoll, M., 1990 - Fine carbonate filler - PCC breaks ground in paper. Industrial Minerals, no. 276, p. 21-43.

Prescott, P.I., Pruett, R.J., 1995 - Ground calcium carbonate: ore mineralogy, processing and markets. SME reprint no. 95-67, 7 pp.

Trivedi, N.C., Hagemeyer, R.W., 1994 - Fillers and coatings. Industrial Minerals & Rocks, 6th ed, D.D. Carr, ed., SME, Littleton, CO, p. 483-495.

Carbonate de calcium – Sites Internet

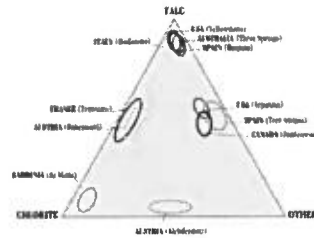
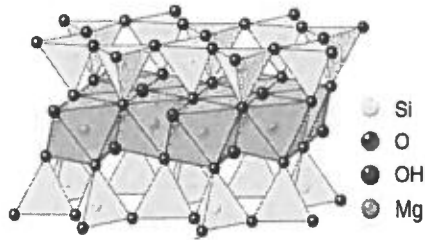
- Worldwide Ground Calcium Carbonate Suppliers**
http://www.mineralnet.co.uk/consult_GCC.html#Anchor-Tab1-18122
- Les rapports Roskill**
<http://www.roskill.com/reports/precipitated/contents>
- European Calcium Carbonate Association**
<http://www.ima-eu.org/en/calciumcarb.htm>
- USGS**
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/lime/index.html#myb>
- USA – National Lime Association**
<http://www.lime.org/>
- Canadian Minerals Yearbook for Lime**
<http://www.nrcan.gc.ca/mms/cmvt/content/2001/34.pdf>
- Mineral Information Institute**
<http://www.mii.org/Minerals/photolime.html>
- Association canadienne de la pierre**
<http://www.stone.ca/>
- Ressources naturelles Canada**
http://www.nrcan.gc.ca/mms/cmvt/com_f.html

Talc – Propriétés physiques et chimiques

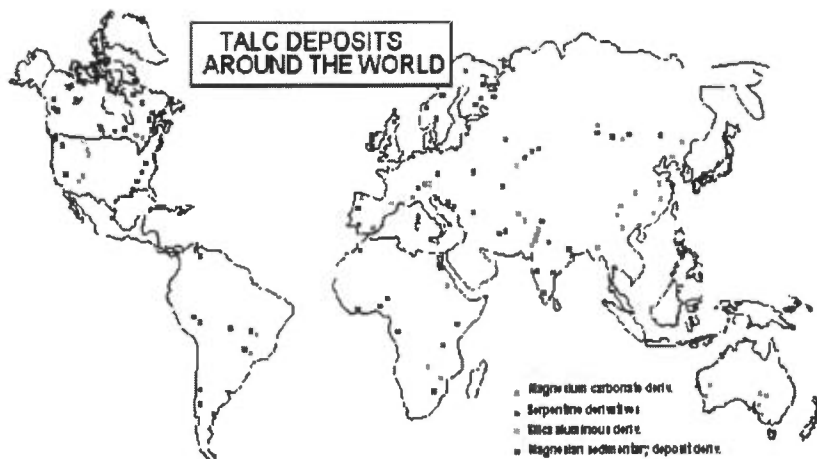
- **Nom:** Talc; **Classe:** Phyllosilicates;
- **Formule:** $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$
- **Système cristallin:** Triclinique: a: 5.291 Å; b: 9.460 Å; c: 5.290 Å; alpha: 98.680°; beta: 119.9°; gamma: 85.27°; Z :1;
- **Dureté:** 1; **Densité mesurée:** 2.70 g/cm³
- **Généralités:** Le talc est un phyllosilicate résultant principalement de l'altération hydrothermale de silicates magnésiens non aluminés contenu dans les serpentines. Il peut aussi apparaître dans le métamorphisme de contact de basse température de dolomies siliceuses. Ce minéral est parfois abondant au point d'être le constituant majeur de certaines roches telle la stéatite, il se présente plus rarement en cristaux automorphes formant des lamelles très fines pseudo-hexagonales, incolores, blanche à blanc verdâtre. Les meilleurs cristaux connus (jusqu'à 30mm) proviennent du plus grand gisement au monde de talc: Trimouns, près de Luzenac, Ariège.
- **Minéraux associés:** variés : autres silicates de magnésium, nombreux phyllosilicates et carbonates
- **Forme:** masses feuilletées, écailleuses, en rosettes, agrégats foliacés ou lamellaires, parfois en cristaux pseudo-hexagonaux
- **Clivages:** fin et net (001); **Classe cristalline:** -1;
- **Fréquence:** minéral très commun
- **Gisements:** roches ultrabasiques (serpentines, péridotites) ayant subi une altération hydrothermale, transformation de roches magnésiennes au contact d'intrusions hyper-acides, schistes magnésiens

Talc – Propriétés spécifiques

- ▶ Structure lamellaire
- ▶ Très mou (dureté de 1 à l'échelle de Mohr) à cause de forces très faibles (de type Van der Waals) entre les feuilles de Si-O et Mg-OH
- ▶ Chimiquement inerte
- ▶ Haute température de fusion
- ▶ Organophyllique (affinité pour les matériaux organiques)
- ▶ Hydrophobe (n'absorbe pas l'eau)
- ▶ Excellent pouvoir lubrifiant dû à sa structure lamellaire.
- ▶ Faible conductivité électrique et chimique
- ■ Le talc est presque jamais pur, mais associé avec autres minéraux (chlorite, dolomite, magnésite, trémolite)



Talc - Gisements



Talc - Images

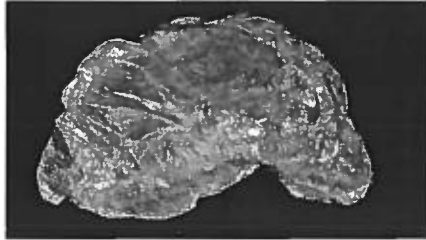
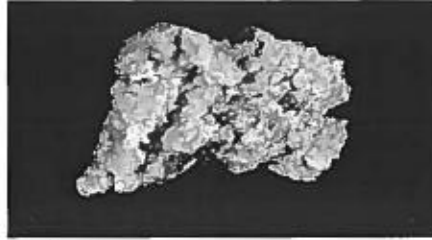


Image macroscopique



Talc stéatite, image macroscopique

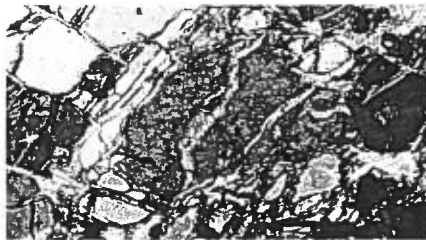


Image au microscope, LP

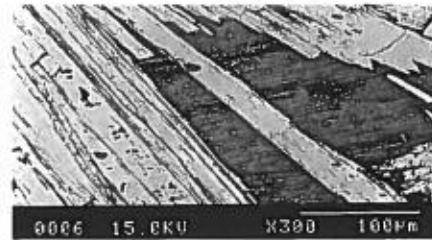


Image au microscope électronique

Talc – Utilisation et Substituts

Utilisation

- Élément de charge dans le papier (22%), la céramique (25%), les lubrifiants (4%), les cosmétiques (3%), les textiles (3%), la peinture (22%), le caoutchouc (4%), les insecticides (3%) et les matériaux pour toitures (8%).
- Poudre adoucissante.
- En sculpture, comme pierre à savon.
- On emploie la stéatite pour tailler des objets devant résister à la chaleur et aux acides.

Substituts

- Les substituts du talc sont les argiles et la pyrophyllite dans les céramiques, la kaolin et les micas dans les peintures, le kaolin dans le papier, les argiles et les micas dans les plastiques, et la kaolin et les micas dans le caoutchouc.

Talc – Substituts possibles

CONSOREM

- L'élément de charge est utilisé à cause du fait qu'il change les propriétés structurales, optiques, mécaniques, d'imprimabilité, etc des matériaux.

A cause du fait que le talc est associé toujours aux minéraux du groupe de l'amiante (trémolite, crysotile, antophyllite, etc), il pose un risque de santé (<http://www.aqiweb.org/gap/legis106/asbestos.html>).

Le développement de matériaux de substitution est un objectif qui ne peut être correctement poursuivi qu'en prenant en compte plusieurs critères. Parmi ceux-ci on peut citer: avantages, performances, coûts, mais aussi, risque pour la santé.

Talc – Substituts possibles

CONSOREM

1. Le talc pourrait être remplacé comme charge dans le papier par:
 - kaolin, qui, à cause de la dimension moyenne des particules plus petite que le talc, a moins de difficulté de remplir les pores inter-fibres du papier. En plus, le kaolin a des particules lamellaires très fines et une distribution plus élargie des dimensions des particules, qui ont un effet positif sur la perméabilité de l'air dans le papier et l'aspect lisse. Pour la résistance à la pénétration du liquide dans le papier, le kaolin peut remplacer le talc. Même si le talc est plus hydrophobe que le kaolin, ce dernier est très fin et ferme les pores du papier avec une efficacité élevée, faisant difficile l'absorption de l'eau.
L'aspect négatif du kaolin – l'indice d'imprimabilité plus bas que le talc
 - brucite (l'hydroxyde de Mg), très facile à broyer à cause des forces très faibles (de type van der Waals) entre les feuilles d'OH
 - carbonate de Ca (GCC ou PCC), qui donne une meilleure opacité et qui est plus efficace à l'enlèvement de l'eau pendant la fabrication du papier
 - kaolin et micas qui améliorent les propriétés mécaniques (solidité, indice de tension, dureté) du papier plus que le talc
 - wollastonite à cause de: a. particules aciculaires qui permettent à produire une charge d'épaisseur uniforme; b. l'entrecroisement des particules qui améliorent la durabilité et la résistance aux conditions météo; c. très basse absorption de l'huile qui réduit la consommation de ligands et des pigments
 - zéolites, pour la fabrication du papier de haute qualité, imperméable
2. Le talc pourrait être remplacé comme charge dans le plastique par:
 - wollastonite, à cause de plusieurs propriétés:
 - a. très basse absorption;
 - b. basse viscosité;
 - c. ses propriétés (éclat élevé, blanchissant (à cause des quantités réduites de d'impuretés comme le Fe, Ti et Mn) et opacité) diminuent le coût des pigments;
 - d. très bonne isolation électrique

Talc – Substituts possibles

3 Le talc peut-être remplacé pour les toitures par la chlorite à cause de sa basse dureté (2-3). Pourtant, la chlorite est beaucoup moins hydrophobe.

La chlorite et la brucite peuvent aussi remplacer le talc dans les poudres adoucissantes et les cosmétiques

La vermiculite est présentement le seul minéral qui a les mêmes caractéristiques et qui peut remplacer le talc pour les toitures. Pourtant, la vermiculite contient parfois des minéraux du groupe de l'amiante (<http://www.epa.gov/asbestos/oppt.pdf>)

Le talc est un excellent absorbant et lubrifiant utilisé dans l'industrie des cosmétiques et des lubrifiants à cause de ses propriétés organophylliques. Il peut être partiellement remplacé par des borates qui ont les mêmes propriétés absorbantes.

Talc – Prix et Production mondiale

Prix (en \$ US/t)

	1998	1999	2000	2001	2002
Prix	126	116	116	119	112

Production mondiale (par pays, en tonnes métriques * 1000)

Pays	2001	2002
Chine	3500	3500
Corée	1100	1100
États-Unis	853	830
Japon	668	650
Bésil	450	450
Autres	2040	2040
TOTAL	8920	9120

Talc - Québec

Carte de localisation des gîtes/indices de talc au Québec



N°	NOM	COORDONNÉES	PROVINC	STATUT	PROVINC	NOM	COORDONNÉES	PROVINC	STATUT
1	LAC DE SAINT-JACQUES	46° 45' N 71° 30' O	QC	En production	QC	LAC DE SAINT-JACQUES	46° 45' N 71° 30' O	QC	En production
2	LAC DE SAINT-JACQUES	46° 45' N 71° 30' O	QC	Non-exploités	QC	LAC DE SAINT-JACQUES	46° 45' N 71° 30' O	QC	Non-exploités
3	LAC DE SAINT-JACQUES	46° 45' N 71° 30' O	QC	En production	QC	LAC DE SAINT-JACQUES	46° 45' N 71° 30' O	QC	En production

- ✦ En production
- Non-exploités

Harvey HM

Talc - Producteurs (Amérique du Nord)

ARCHWAY SALES INC
Aurora COLORADO
Call 1-800-272-1129
Suite 404 - 1828 Swift Avenue
N. Kansas City, MISSOURI
USA 64118
Tel: 816-471-2178
Toll Free Tel: 1-800-272-1129
Fax: 816-421-1788

4158 Manchester Avenue
St. Louis, MISSOURI
USA 63110-3823
Tel: 314-533-4882
Toll Free Tel: 1-800-ARCHWAY (272-4829)
Fax: 314-533-3386

2990 Airways Bv.
Memphis, TENNESSEE
USA 38116
Tel: 901-548-2012
Toll Free Tel: 1-800-272-5129
Fax: 901-548-2019

STRAUCH CHEMICAL DISTRIBUTORS
INC.
Suite 34, 241 So. Frontage Road
Burr Ridge ILLINOIS
USA 60521
Tel: 630-323-4383
Fax: 630-323-4389

NATIONAL PIGMENTS & CHEMICALS,
INC.
Suite 118, 5430 Glen Lakes Drive
Dallas TEXAS
USA 75231
Tel: 214-361-5810
Fax: 214-361-6839
E-mail: npca413@aol.com

Suite 210, 13831 Northwest Freeway
Houston TEXAS
USA 77040
Tel: 713-690-6202
Fax: 713-690-6298
E-mail: npca413@aol.com

McCULLOUGH & ASSOCIATES
15822 Farchild Drive
Tampa FLORIDA
USA 33647
Tel: 813-877-8730
Fax: 813-877-8720
E-mail: sales@mcculloughandbenon.com
Website: www.mccandia.com

PO Box 28603
Atlanta GEORGIA
USA 30359
Tel: 404-325-1006
Fax: 404-329-0208
E-mail: sales@mcculloughandbenon.com
Website: www.mccandia.com

8303-C Murroe Road
Charlotte NORTH CAROLINA
USA 28270
Tel: 704-845-9141
Fax: 704-845-4028
E-mail: sales@mcculloughandbenon.com
Website: www.mccandia.com

EASTTECH CHEMICAL INC.
5700 Tacony Street
Philadelphia, PENNSYLVANIA
USA 19135
Tel: 215-537-1000
Fax: 215-537-8575
Website: www.easttechchemical.com

SPECIALTY CHEMICAL SALES
4561, West 160 Street
Cleveland OHIO
USA 44135
Tel: 216-287-5950
Fax: 216-287-248
E-mail: sales@specialtychemicalsales.com
Website: www.specialtychemicalsales.com

7493 Fallbridgelane, W. Chester
Cincinnati, OHIO
45069 USA
Tel: 513-235-7704
Fax: 513-759-2795
E-mail: sales@specialtychemicalsales.com
Website: www.specialtychemicalsales.com

111 W. Lament Court
Canyon, Michigan
USA 48187
Tel: 734-981-7995 phone
Fax: 734-981-7101 fax
E-mail: sales@specialtychemicalsales.com
Website: www.specialtychemicalsales.com

VAN WATERS & ROGERS
64 Arrow Road
Wesson ONTARIO
Canada M9M 2L9
Tel: 416-740-5300
Fax: 416-740-2227
E-mail: vwr-td.com/contact/vw-7
Website: www.vwr-td.com

100 McArthur St.
Valleyfield QUEBEC
Canada J5S 4M5
Tel: 450-371-1068
Fax: 450-371-8617
E-mail: vwr-td.com/contact/vw-7
Website: www.vwr-td.com

2700 J B Deschamps St.
Lachine QUEBEC
Canada H8T 1E1
Tel: 514-831-8451
Fax: 514-831-8914
E-mail: vwr-td.com/contact/vw-7
Website: www.vwr-td.com

32 Mosher Drive
Dartmouth NOVA SCOTIA
Canada B3B 1K8
Tel: 902-468-5413
Fax: 902-468-3870
1-800-263-8451
Website: www.vwr-td.com

WENGAIN
Lisle Lane, Ely
Cambridgeshire
CB7 4AS
ENGLAND
Tel: (44) 135-366-8151
Fax: (44) 135-366-8102
Website: www.wengain.co.uk

Talc – Producteurs (Europe)

- **EUROPEAN ASSOCIATION OF TALC PRODUCERS (EUROTALC) - www.elta**
- **IMI FABI S.p.A.**
Via Nazionale, 24
I-23010 Postalesio SO
Italy
Tel: 39 0342 480311
Fax: 39 0342 480389
E-mail: info@imifabi.com
- **TALC DE LUZENAC**
B.P. 1162
F-31036 Toulouse Cédex
France
Tel: 33 561 50 20 20
Fax: 33 561 40 08 23
E-mail: communication@europe.luzenac.com
<http://www.luzenac.com>
- **MONDO MINERALS OY**
Kasamkatu 22 / P.O. Box 603
FIN-00150 Helsinki / FIN-87101 Kajaani
Finland
Tel: 358 105 6211
Fax: 358 105 621440
<http://www.mondominerals.com>
- **MONDO MINERALS B.V.**
Kajitweg 8
NL-1041 AR Amsterdam
Tel: 31 20 448 7448
Fax: 31 20 448 7449
- **NORWEGIAN TALC AS**
N-5355 Kvanøvik
Norway
Tel: 47 56 313 100
Fax: 47 56 330 706
- **LUZENAC GROUP**
131 avenue Charles de Gaulle
F-92200 Neuilly
France
Tel: 33 1 47 45 90 44
Fax: 33 1 47 47 58 05
<http://www.luzenac.com>
- **LUZENAC NAINTSCH**
Slatteggerstrasse 80
Postfach 35
A-8045 Graz Andritz
Austria
Tel: 43 316 69 36 50
Fax: 43 316 69 36 55
<http://www.luzenac.com>
- **LUZENAC N.V.**
Schweperlaan 2
B-9000 Gent-Zeehaven
Belgium
Tel: +32 9 250 09 11
Fax: +32 9 251 41 17
<http://www.luzenac.com>
- **LUZENAC SET**
Hermilio Rodriguez nº5
24850 Brión (Lugo)
Spain
Tel: 34 9 87 74 16 60
Fax: 34 9 87 74 16 90
<http://www.luzenac.com>
- **LUZENAC VAL CHISONE SPA**
Via Nazionale 121
I-10060 Porte (TO)
Italy
Tel: 39 0121 304511
Fax: 39 0121 303463
<http://www.luzenac.com>

Talc -Références

- Greene, R.C., 1995, Talc resources of the conterminous United States: U.S. Geological Survey Open File Report 95-586, 178 p.
- Page, N.J., 1998, Preliminary descriptive model of ultramafic hosted talc: in Additional descriptive models of industrial mineral deposits, Orris, G. J., ed., U.S. Geological Survey Open File Report 98-505, p. 5-7.
- Brown, C. E., 1982, New York talc: in Characteristics of mineral deposit occurrences, Erickson, R. L., ed., U.S. Geological Survey Open File Report 82-795, p. 239-240.
- Burger, John, 1991, Talc: Industrial Minerals, no. 280, January, p. 17-27.
- Fourty, Georges, 1999, Talc trends: in IM Pigments—Fillers & Extenders, Keegan, Nina, ed., Industrial Minerals, London, p. 41-45.
- Goodwin, Aurel, 1974, Proceedings of the symposium on talc: U.S. Bureau of Mines Information Circular 8639, 102 p.
- Grexa, R.W., 1987, North American talc: Industrial Minerals, no. 237, June, p. 52-55.
- Industrial Minerals, 1968, Talc-mineral with a multitude of uses: Industrial Minerals, no. 5, February, p. 9-16.
- ——— 1971, Talc in the USA-producers fine-grind and upgrade: Industrial Minerals, no. 41, February, p. 39-50.
- ——— 1971, Talc-micronised grades lead the way: Industrial Minerals, no. 40, January, p. 9-28.
- ——— 1982, Talc-stability in a soft market: Industrial Minerals, no. 183, December, p. 59-73.
- O'Driscoll, Mike, 1992, Talc review-consolidation and competition: Industrial Minerals, no.294, March, p. 23-37.
- Roskill Information Services, 1996, The economics of talc, 8th ed.: Roskill Information Services, London, 1996, 237 p.
- Sims, Catherine, 1997, Talc markets-a world of regional diversity: Industrial Minerals, no.356, May, p. 39-53.
- Piniakiewicz, R.J., McCarthy, E.F., and Genco, N.A., 1994, Talc: Ch. in Industrial Minerals and Rocks, 6th ed., D. Carr, ed., Society for Mining, Metallurgy, and Explorations, Inc., Littleton, 1049-1069.
- Virta, R.L., 1985, The phase relationship of talc and amphiboles in a fibrous talc sample: U.S. Bureau of Mines Information Circular 8923, 11 p.
- Virta, R. L., 1989, The talc industry—an overview: U.S. Bureau of Mines Information Circular 9220, 11 p.
- Talc: Review in Ceramic Bulletin, annual
- Talc: Review in Mining Engineering magazine, annual
- Jacob, H. L., Inventaire des gisements de minéraux industriels offrant un potentiel pour la production de charges minérales. Ministère de l'énergie et des ressources du Québec. Mb 87-43.
- Ciullo, P.A., (ed.) 1996 -Industrial Minerals and their Uses, p. 632 <http://www.chemtec.org/books/book1-28.html>
- Wypych, G., 2000 Handbook of fillers, p. 910 <http://www.chemtec.org/books/books1-7.html>

Talc – Sites Internet

Euromines:

<http://www.euromines.org/industrial%20minerals/talc/talc.php>

USGS:

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/talc>

European Industrial Minerals Association:

<http://www.ima-eu.org/en/talc.htm>

Webmineral

<http://www.webmineral.com/data/Talc.shtml>

Ressources naturelles Canada

http://www.nrcan.gc.ca/mms/cmj/com_f.html

Talc industriel

<http://www.rtvanderbilt.com/IndustrialTalc.pdf>

La liste des articles dans la revue Industrial Minerals

<http://www.mineralnet.co.uk/20yearIndexlinked.pdf>

Industrial Minerals Association – Amérique du Nord

http://www.ima-na.org/about_industrial_minerals/talc.asp

Les rapports Roskill

<http://www.roskill.co.uk/talc.html>

The Scientific Association of Talc Producers

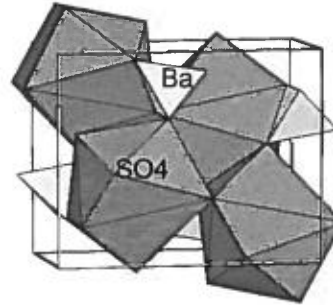
<http://www.ima-eu.org/en/talcindex.html>

Barytine – Propriétés

- **Nom:** Barytine; **Classe:** Sulfates
- **Formule:** BaSO₄; Ba peut être remplacé par Sr et par Pb
- **Système cristallin:** Orthorhombique; **a:** 8.848 Å; **b:** 5.441 Å; **c:** 7.132 Å; **alpha:** 90°; **Z:** 4
- **Dureté:** 3.20; **Densité mesurée:** 4.5 g/cm³
- **Généralités:** C'est un minéral très fréquent des filons hydrothermaux de moyenne et basse température ou il est associé à la fluorine et divers sulfures (sphalérite, galène, stibine, etc.). La barytine se rencontre également comme produit de dépôt chimique dans les sources thermales. Massive à terreuse, ou en cristaux généralement tabulaires, aplatis, assemblés en groupes divergents, rarement en prismes assez allongés. Également en masses lamellaires souvent crêtées, concrétionnées, stalactitiques, grenues, prenant parfois l'aspect des roses des sables. Transparente à translucide (opaque). Éclat vitreux à résineux, un peu nacré. Incolore, blanche, jaune, brun, rougeâtre, rarement verdâtre ou bleuâtre. Poussière incolore à blanche.
- **Minéraux associés:** minéraux de gangue et principaux sulfures
- **Forme:** souvent en beaux cristaux tabulaires épais ou prismatiques
- **Clivages:** parfait (001) et bon (110); **Classe cristalline:** 2/m2/m2/m
- **Fréquence:** minéral très répandu
- **Gisements:** filons hydrothermaux de basse température, dépôts sédimentaires

Barytine – Propriétés spécifiques

- ▶ Densité élevée
- ▶ Point de fusion élevé (1 580 °C).
- ▶ Neutralité chimique (insoluble dans l'eau et l'acide)
- ▶ Non toxique
- ▶ Blancheur
- ▶ Absorbant de rayon gamma
- ▶ Faible abrasivité
- ▶ Bas prix



Barytine - Images



Image macroscopique



Image macroscopique

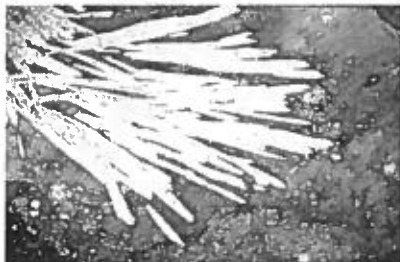


Image au microscope, LN

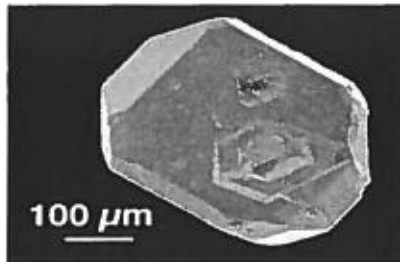


Image au microscope électronique

Barytine – Prix et Production mondiale

Prix (en \$ US/t)

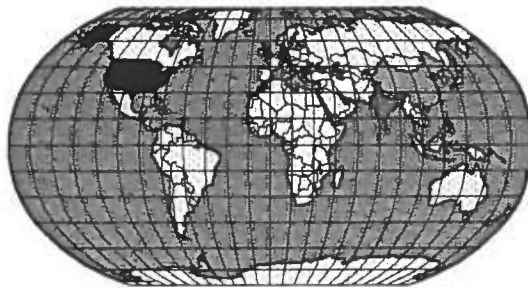
	1998	1999	2000	2001	2002
Prix	22,70	25,60	25,10	25,00	28,80

Production mondiale (par pays, en tonnes métriques * 1000)

Pays	2001	2002
Chine	3 600	3 000
Inde	850	900
États-Unis	400	400
Maroc	320	400
Iran	185	190
Mexique	130	130
Allemagne	120	120
Turquie	100	100
France	75	65
Autres	920	695
TOTAL	6 700	6 000

Barytine

Production mondiale (en %)



Pays	%	Clé
Chine	54	■
Inde	13	■
ÉU	6	■
Maroc	5	■
Iran	3	■
Mexique	2	■
Bulgarie	2	■
Allemagne	2	■
Turquie	2	■
France	1	■
RU	1	■
AUTRES	9	■

Barytine - Québec

Carte de localisation des gisements/indices de barytine au Québec



● Non-exploités

NUMÉRO PROVINCIAL MINES	NOM ALPHABÉTIQUE	TYPE DE GISEMENT/INDEX MÉTALLURGIQUE
1	12750	STN ALAN SAUMONT
2	14960	CHAÎTE DES TERRES HAUTES
3	14960	POINTE AU FERRARD
4	14960	STN. PERNETA
5	21100	WOODBRIDGE
6	21063	STN. DU LOUP 1
7	22040	NICKERLAW GARDNER
8	22050	NICKERLAW FOLYON NO 1
9	22050	SAINTE-FABRIEN NO 1 (DROME NOY 4 USE)
10	22050	SAINTE-FABRIEN NO 2
11	22050	LAC BOSCHÉ
12	22050	GRAND
13	22050	WALTHAM STATION
14	22050	BOYER ET COULLARD
15	22050	LAC DE COTEAU-DU-LAC (MELROCHE)
16	22050	BOYER HENRY GORNAS
17	22050	STN. LAC MELROCHE (SPRINGBROOK)
18	22050	STN. FOLEY (SAC DE VERTELL)
19	22050	STN. HAVICCOX
20	22050	STN. LONG STYLOS
21	22050	STN. CLIFFON (DROME)

Les gisements Quyon et de Foley ont déjà fait l'objet d'exploitation artisanale dans le passé. Le gisement Upton fait l'objet de travaux d'exploration par Robex (ressources: 950 000 tonnes tirant à 46,5% de BaSO₄ et de 1,9 % de Zn exploitable à ciel ouvert).

Barytine – Utilisation et Substituts

UTILISATION

- Dans l'*industrie pétrolière* (80 %) à titre d'additif dans les boues de forage.
- Dans l'*industrie chimique*, la barytine sert dans la fabrication des dérivés de baryum, tels : les carbonates, chlorures, oxydes, hydroxydes, peroxydes, nitrates et sulfates de baryum. Ces composés de baryum sont employés comme charge minérale dans une grande variété de produits.
- Dans l'*industrie métallurgique*, l'oxyde de baryum permet d'améliorer le rendement du four électrique. Le chlorure de baryum est utilisé comme durcisseur d'acier et de fondant de soudure.
- Dans l'*industrie automobile*, la barytine est employée comme charge inerte dans les matériaux de friction, tels que les plaquettes de freins et les disques d'embrayage.
- Dans l'*industrie de la construction*, la barytine entre dans la fabrication des bétons denses utilisés dans la construction de ports ou de terminaux pétroliers.
- Dans les *industries du caoutchouc et de la verre*.

SUBSTITUTS

► Pour les boues de forage, la barytine peut être remplacé par la célestine (SrSO₄), l'ilménite, le minerai de fer et l'hématite synthétique. Pourtant, aucun remplaceant n'a pas eu un impact majeur sur l'usage de la barytine pour les boues de forage.

Barytine – Utilisation et Substituts CONSOREM

General specifications for API drill-mud barytes

Specific gravity	4.2 min
BaSO ₄	92% min
Soluble alkaline earth content, as calcium	250 ppm max
Particle size	95% -45µm (325 mesh)

Source: American Petroleum Specification 13A for Oil Well Drilling - Fluid Materials, 1981

General specifications for pharmaceutical-grade barytes

BaSO ₄	97.5% min
LOI	<2% (600°C)
Heavy metals (as Pb)	0.001% max
Sulphides	<0.01 ppm
Arsenic	<0.01 ppm
Particle size	90% -20 µm
Colour	white or near white
Odour	odourless

General specifications for filler applications

BaSO ₄	95% min
Particle size	95% -45 µm
Colour	colour specifications vary depending on application, usually a near-white product is required

General specifications of glass-grade barytes

BaSO ₄	95% min
SiO ₂	1.5% max
Iron (as Fe ₂ O ₃)	0.15% max
Al ₂ O ₃	0.15% max
Particle size	100% -85 µm with less than 5% -150 µm fines

Source: American Society for Testing and Materials, ASTM D-1366 (size), D-281 (oil absorption), D-280 (moisture), D-1208 (water insoluble), D-1208 (pH).

Barytine – Substituts possibles CONSOREM

1. La relatif bas prix de la barytine représente un obstacle majeur de trouver des substituts possibles
2. La densité élevée de la barytine est un autre obstacle. La withérite (BaCO₃), l'anglésite (PbSO₄) et la cérusite (PbCO₃) ont des densités plus élevées (entre 4,5 et 6,40 g/cm³), mais ce sont des minéraux peu communs, associé aux gisements hydrothermaux (la withérite) ou oxydés riches en Pb (l'anglésite et la cérusite). Leurs prix est jusqu'à 10 fois plus élevé que le prix de la barytine. En plus, la withérite est toxique.
3. À titre d'additif dans les boues de forage, la barytine peut être remplacée par du minerai de fer (silicates, oxydes et carbonates de fer). Plusieurs projets de recherche étudient cette possibilité (ex.: <http://www.prclibya.org/randd.htm>)
4. Dans l'industrie du caoutchouc, la barytine peut être remplacée comme charge par le carbonate de calcium +/- de magnésium. Mais les densités des carbonates sont plus basses (~ 2,70 g/cm³), ce qui affecte la qualité du produit. En plus, la neutralité chimique des carbonates est beaucoup plus basse que celle de la barytine. Le carbonate de calcium a aussi tendance à se dissoudre en milieu acide pour produire des ions calcium et du gaz carbonique.

Barytine – Producteurs/Distributeurs

CHEMICAL DISTRIBUTORS INC. (CDI)

P.O. Box 1835
Portland, OREGON
USA 97208
Tel: 803-243-1832
Fax: 803-243-1162
28 South Idaho Street
Seattle, WASHINGTON
USA 98134
Tel: 206-423-1900
Fax: 206-340-4993

DORSETT & JACKSON INC.
3880 Noabae Street
Los Angeles, CALIFORNIA
USA 90023
Tel: 323-269-1815
Toll Free Tel: 1-800-871-8365
Fax: 323-268-0652
E-mail: dorsetj@cdi.com
Website: www.dorsetjandjackson.com

1861 - 17 Street
San Francisco, CALIFORNIA
USA 94107
Tel: 415-426-8241
Toll Free Tel: 1-800-871-4345
Fax: 415-426-8246
E-mail: dorsetj@cdi.com
Website: www.dorsetjandjackson.com

ARCHWAY SALES INC.
Suite 404 - 1828 South Avenue
N. Kansas City, MISSOURI
USA 64118
Tel: 816-471-2178
Toll Free Tel: 1-800-472-1129
Fax: 816-471-1766 4156

Manchester Avenue
St. Louis, MISSOURI
USA 63119-5221
Tel: 314-833-4683
Toll Free Tel: 1-800-ARCHWAY (272-4929)
Fax: 314-833-3366

2990 Airways Blvd.
Memphis, TENNESSEE
USA 38118
Tel: 901-346-3812
Toll Free Tel: 1-800-472-4129
Fax: 901-346-2018

NATIONAL PIGMENTS & CHEMICALS, INC.
Suite 216-15851 Northwest Freeway
Newport, TEXAS
USA 77449
Tel: 713-698-4323
Fax: 713-698-4256
E-mail: npc413@net.com

Suite 116, 5430 Glen Lakes Drive
Dallas, TEXAS
USA 75221
Tel: 214-361-0819
Fax: 214-361-0828
E-mail: npc413@net.com

MCCULLOUGH & ASSOCIATES

800-C Blunroe Road
Charlotte, NORTH CAROLINA
USA 28279
Tel: 704-845-0141
Toll Free: 1-800-808-1808
Fax: 704-845-0228
E-mail: sales@mcculloughandventon.com
Website: www.mcsandc.com

1748 NE Expressway
Atlanta, GEORGIA
USA 30329
Tel: 404-325-1996
Toll Free: 1-800-988-1906
Fax: 404-325-0288
E-mail: sales@mcculloughandventon.com
Website: www.mcsandc.com

1822 Fairhill Drive
Tampa, FLORIDA
USA 33647
Tel: 813-877-4738
Toll Free: 1-800-888-1808
Fax: 813-877-4729
E-mail: sales@mcculloughandventon.com
Website: www.mcsandc.com

L.V. LOMAS LTD.
1608 Biv. Hymas
Dorval, QUEBEC
Canada H9P 2M6
Tel: 514-683-0699
Toll Free Tel: 1-800-668-8427
Fax: 514-683-8696
Website: www.lvlomas.com

718 Eaton Way, Annandale Island
Delta, BRITISH COLUMBIA
Canada V3M 8J9
Tel: 604-821-7779
Toll Free Tel: 1-800-666-8427
Fax: 604-821-2323
Website: www.lvlomas.com

88 Summerlee Rd.
Brampton, ONTARIO
Canada L7T 4Y2
Tel: 905-456-1555
Toll Free Tel: 1-800-666-8427
Fax: 905-456-4722
Website: www.lvlomas.com

P.T. DWI EKA MURNI

Jl. Mangga Besar 8 No.32 F
Jakarta, INDONESIA 11180
Tel: 62-21-6298858
Fax: 62-21-6298858
E-mail: gis@ceceidn.net

MAHA CHEMICALS SDN. BHD.
Lot 1818-A, Jalan Belatung,
Bukit Belatung, 43300 Seri
Belanger Darul Ehsan, MALAYSIA
Tel: 603-6812728
Fax: 603-6812988
E-mail: sales@mc-maha.com
Website: www.mc-maha.com

T. KATO INTERNATIONAL
9-7-208 Rodacho
Wakabayashi, JAPAN 662-0911
Tel: 81-798-35-2288
Fax: 81-798-35-2837
E-mail: kato@kato-intl.co.jp
Website: www.kato-intl.co.jp

AMCAN INGREDIENTS DIV. OF FRANK
8 Avenue Charles De Gaulle,
78180 La Chesnay
Paris, FRANCE
Tel: 33 (0) 1 39 84 73 68
Fax: 33 (0) 1 39 84 73 68
E-mail: AmcanEurope@aol.com

GT CONSULTORIA TECNICA LTDA.
Av. Francisco Alvar 1960/192
Rio de Janeiro RJ
BRASIL 21949-268
Tel: 55-21-2876-5447
Fax: 55-21-2778-1831
E-mail: gtc@gtc.com.br

Wangshu
Liale Lane, Ely
Cambridgehire
CB7 4AB
ENGLAND
Tel: (44) 135-366-8181
Fax: (44) 135-366-8182
Website: www.consores.com.uk

TREND CHEMICAL S.R.L.
Emanuela 2846, 1643-Boccaro
Brescia Aires
ARGENTINA
Tel: 54-11-4723-2798
Fax: 54-11-4723-2800
E-mail: trendchemical@bsa.net

STRAUCH CHEMICALS

Suite 34 - 241 St. Frontage Rd.
Burr Ridge, ILLINOIS
USA 60521
Tel: 630-323-4383
Fax: 630-323-4388

REDOX CHEMICALS PTY. LTD.
38-32 Redfern Street, Locked Bag 60
Wetherill Park
New South Wales
AUSTRALIA 2164
Tel: 61-8723-0155
Fax: 61-8723-8117
E-mail: marketing@redox.com.au
Website: www.redox.com.au

WLS REPRESENTACIONES
Tabernera 1815, Oficina 307-309
Santiago de Chile
P.O. Box Casilla 79 - Correo 38
Santiago, CHILE
Tel: 56-2-2173780
Fax: 56-2-2173318
E-mail: wlgobes@bolivia.net.cl

Barytine -Références

- Barite. Ch. in Mineral Commodity Summaries, annual.
- Barite. Ch. in United States Mineral Resources, Professional Paper 820, 1973.
- Barite. Ch. in Mineral Facts and Problems, U.S. Bureau of Mines Bulletin 675, 1985.
- Barium Minerals. Ch. in Industrial Minerals and Rocks, Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc., 6th ed., Donald Carr, ed., 1994.
- Engineering and Mining Journal Annual Review.
- Mining Engineering Annual Review.
- Mining Journal Annual Review.
- American Petroleum Institute, 1993, Specification for drilling-fluid materials—Specification 13A: Washington, DC, American Petroleum Institute, 47 p.
- Cacchione, N.D. and Johnson, Aaron, 2001, Herold 34th annual reserve replacement cost analysis—2001 final report: John S. Herold, Inc., November 6, 114 p.
- Industrial Minerals, 2001, Prices: Industrial Minerals, no. 406, July, p. 72.
- Millhelm, K.K., 2001, Proactively managed drilling operations optimize company performance: Oil & Gas Journal, v. 99, no. 38, September 17, p. 71-77.
- Albouy, L. Ch. Rousseau, 1993. Mémento roches et minéraux industriels. La barytine. BRGM.
- Harben, p. W., M. Kuzavart. Industrial minerals. A global geology. Industrials information ltd. Metal bulletin, PLC London.
- Jacob, H. L., Inventaire des gisements de minéraux industriels offrant un potentiel pour la production de charges minérales. Ministère de l'énergie et des ressources du Québec. MB 87-43.
- Paradis, s., T. C. Birkett et R. Godue, 1990. — Preliminary investigations of the upton sediment-hosted barite deposit, Southern Québec Appalachians. In current research part B. Geological Survey of Canada. Paper 90-1B, pp. 1-8.
- Tiphane, M., 1972. La barytine et la fluorine au Québec. Ministère des Ressources naturelles du Québec. Étude spéciale no 13.
- Cluffo, P.A., (ed.) 1996 -Industrial Minerals and their Uses, p. 632 <http://www.chemtec.org/books/book1-28.html>
- Wypych, G., 2000 Handbook of fillers, p. 910 <http://www.chemtec.org/books/books1-7.html>

Barytine – Sites Internet

- Euromines:
<http://www.euromines.org/industrial%20minerals/barite/barite.php>
- USGS:
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/barite>
- Webmineral
<http://www.webmineral.com/data/Barite.shtml>
- Ressources naturelles Canada
http://www.nrcan.gc.ca/mms/cmy/com_f.html
- La liste des articles dans la revue Industrial Minerals
<http://www.mineralnet.co.uk/20yearIndexlinked.pdf>
- Les rapports Roskill
<http://www.roskill.co.uk/barytes.html>
- The Baryte Association
<http://www.barytes.org/>
- Ministère des Ressources naturelles du Québec
<http://www.mrn.gouv.qc.ca/mines/mineraux/mineraux-barytine.jsp>
- Industrial Minerals 2002
http://me.smenet.org/200306/pdf/min0306_15.pdf

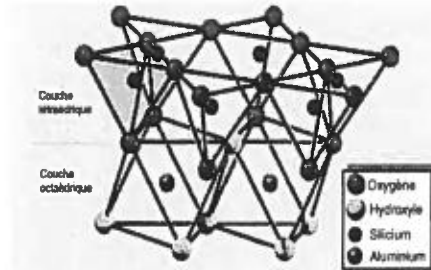
Kaolin – Propriétés physiques et chimiques

- **Nom:** Kaolinite; **Classe:** Phyllosilicates; **Formule:** $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ (les substitution sont très limitées (traces de Fe, Mg, Fe^{3+} , Na, K et Ti)); **Système cristallin:** Triclinique; a: 5.153 Å; b: 8.941 Å; c: 7.391 Å; alpha: 91.930°; beta: 105.05°; gamma: 89.8°; Z : 2; **Classe cristalline:** 1
- **Généralités:** C'est le principal constituant du groupe de la kaolinite, dont font aussi partie la dickite et la nacrite. Minéral très commun, on le trouve dans les roches argileuses, dans les roches magmatiques comme produit d'altération hydrothermale de basse température des feldspaths et d'autres silicates riches en aluminium. Ordinairement en masses d'allure argileuse, compactes, friables ou pulvérulentes, onctueuses et faisant pâte avec l'eau. Ces masses sont formées de lamelles hexagonales généralement microscopiques, rarement visibles à l'œil nu. Transparente en lamelles, opaque en masses. Eclat nacré sur le clivage, mat en masse. Couleur blanc parfois teinté de brunâtre, de rose, de rouge, de bleuâtre. Poussière blanche, parfois teintée.
- **Minéraux associés:** très nombreux silicates, et fréquemment des oxydes de fer: Dickite Halloysite Illite Muscovite Quartz
- **Forme:** en masses et en agrégats toujours cryptocristallins, cristaux très rares et toujours minuscules
- **Clivages:** pas discernable
- **Fréquence:** minéral très fréquent
- **Gisements:** dans de nombreuses roches : provient de l'altération hydrothermale ou atmosphérique des silicates d'aluminium, notamment les feldspaths

Kaolin – Propriétés spécifiques

- ▶ Peu attaqué aux acides excepté l'acide fluorhydrique.
- ▶ Chimiquement inerte de pH 4 à 9.
- ▶ À cause de sa pureté élevée, le kaolin a un point de fusion élevé (1730 et 1785°C) et il est le plus réfractaire des toutes les argiles
- ▶ La kaolinite a une faible capacité d'échanges de cations (~ 10meq/100g) en comparaison avec les autres argiles (illite : 20 meq/100g ; montmorillonite : 100meq/100g ; halloysite : 40 meq/100g). Cependant sa capacité d'échange d'anions est plus grande, et peut être attribuée à la présence d'ions OH⁻ à l'extérieur des feuillets.
- ▶ La capacité de la kaolinite à fixer les ions phosphates est d'une grande importance en pédologie.
- ▶ La kaolinite possède peu ou pas d'eau de surface adsorbée.

La structure de la kaolinite



Kaolin - Images

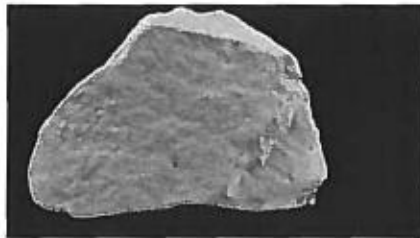


Image macroscopique



Image au microscope, LP



Image au microscope électronique



Image au microscope électronique

Kaolin – Utilisation et Substituts

UTILISATION

- **La céramique:** Il entre dans un proportion variant de 10 à 60 %, dans les pâtes cuisant blanc : faïences fines, vitreous, grès sanitaires et porcelaine. Il est recherché pour sa blancheur
- **Les fibres de verre:** Le kaolin peut contenir jusqu'à 40 % d'alumine, qui est recherché pour la fabrication des fibres de verres. Le kaolin remplace alors les feldspaths ou les feldspathoïdes. Il permet ainsi, d'obtenir des verres à faible teneur en alcalins. Il présente d'excellentes caractéristiques mécaniques. La fusion est obtenue par adjonction de calcium, magnésium et de bore.
- **Les plastiques:** En charge, afin d'obtenir des surfaces plus lisses et une meilleure résistance aux acides. Dans les PVC, pour augmenter leur durabilité.
- **Les ciments blancs :** Le kaolin dépourvu d'oxydes de fer, permet d'obtenir des sables blancs. Il apporte l'alumine nécessaire. Il faut néanmoins combler le déficit en silice par l'adjonction de sables siliceux.
- **Les peintures :** Le kaolin permet d'améliorer l'opacité de la peinture, grâce à la forme lamellaire des cristaux de kaolinite et le pouvoir suspensif. Les kaolins grossiers donnent un fini mat, tandis que les plus fins donnent des peintures brillantes.
- **Le papier:** en charge et pour le couchage.
- **Le caoutchouc:** pour améliorer la résistance à l'abrasion et la rigidité des produits.
- **Les autres utilisations (en moindres quantités):** Additif de nourriture, encres, adhésifs, industrie pharmaceutique, agent catalyseur, agent blanchissant, absorbants, produits phytosanitaires, textiles, réfractaires.

SUBSTITUTS

- Quelques substituts comme le carbonate de calcium et le talc peuvent remplacer le kaolin comme charge minérale

Kaolin – Substituts possibles

Pour la fabrication du porcelaine, il n'y a aucun substitut pour le kaolin

Le kaolin pourrait être remplacé comme charge dans le papier par:

- talc, qui a un indice d'imprimabilité plus élevé
- carbonate de calcium, qui donne une meilleure opacité et qui est plus efficace à l'enlèvement de l'eau pendant la fabrication du papier. L'utilisation du CC nécessite un procédé de préparation de type alcalin, tandis que la plupart des usines de papeterie qui utilise du kaolin font appel à un procédé acide, qui est non-compatible avec le CC.
- micas et wollastonite, qui améliorent les propriétés mécaniques (solidité, indice de tension, dureté) du papier plus que le kaolin

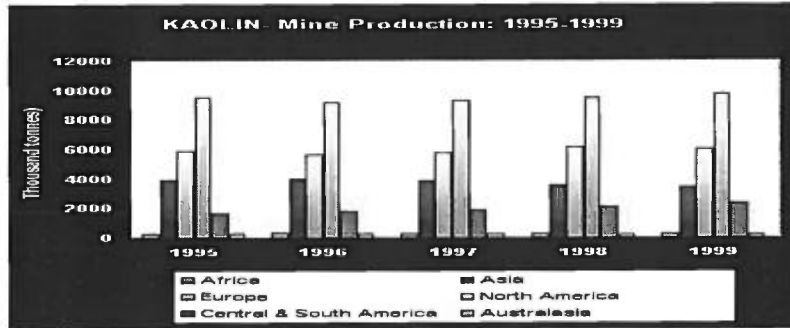
Le kaolin pourrait être remplacé comme charge dans la céramique par:

- autres argiles (illite; montmorillonite; halloysite). Pourtant, ces argiles sont moins pures chimiquement, ce qui se reflète par un point de fusion plus bas que la kaolinite, ce qui influence négativement la qualité de la céramique produite.

Le kaolin pourrait être remplacé comme charge dans les fibres de verre par:

- autres minéraux qui contiennent un pourcentage élevé d'alumine et un pourcentage bas en métaux alcalins ou terreux. Exemples de minéraux: la bauxite (diaspore, bohmite), les feldspaths et les feldspathoïdes, l'alunite, sillimanite, etc. Pourtant, ces minéraux ont un pourcentage assez élevé en alcalins ou sont relativement peu communs.

Kaolin - Production



	1995	1996	1997	1998	1999
Africa	253	295	261	249	274
Asia	3907	3994	3841	3507	3438
Europe	5876	5593	5771	6110	6025
North America	9480	9180	9280	9450	9710
Central & South America	1664	1757	1883	2084	2346
Australasia	245	265	239	199	218

Kaolin - Producteurs

American Zhongcheng Chemicals, Inc <http://www.americanzhongcheng.com>

Jalan Mica Exports <http://imexport.ebjchina.com>

Top King Ceramic Mineral Machining Factory <http://www.tkceramic.com>

Kentucky-Tennessee Clay Company <http://k-tclay.com>

Www.Eccl.Co.Uk re-direct <http://www.eccl.co.uk>

Impadoc S.A <http://www.impadoc.com>

Dalian Huan Qiu Minerals Co.,LTD <http://www.hq-minerals.com>

Associated Kaolin Industries Berhad <http://www.rosenbauer.com>

Wilkinson Kaolin Associates, Ltd <http://wilkinsonkaolin.com>

Glukhovetsky Kaolin Plant <http://kaolin.com.ua>

Serina Kaolin <http://www.kaolin.co.za>

Shuozhou Anpeak Kaolin Co., Ltd. <http://www.anpeak.com>

Jinyang Calcined Kaolin <http://www.jinyangkaolin.com>

Dry Branch Kaolin Company <http://www.dbkminerals.com>

DonbaszKeramika <http://www.donkeram.freezerservers.com>

China Clay Producers Association <http://www.kaolin.com>

Kaolin – Producteurs (Europe)

- **EUROPEAN KAOLIN ASSOCIATION (EKA) - Website**
- **AMBERGER KAOLINWERKE EDUARD KICK GMBH**
Postfach 1140
Georg-Schäffer-Strasse 70
D-92242 Hirschau/Oberpfalz
Germany
Tel: 49 9622 18 501
Fax: 49 9622 18 374
<http://www.aka-kick.com>
- **CAOLINES DE VIMIANZO S.A.**
Apartado 4
Carretera Baños Cezadas KM 3.3
E-15129 Vimianzo (La Coruña)
Spain
Tel: 34 981 71 61 25
Fax: 34 981 71 66 54
- **DENAIN ANZIN MINÉRAUX (DAM)**
4 Avenue Vieuxsuzet
F-75008 Paris
France
Tel: 33 1 53 76 85 82
Fax: 33 1 43 59 71 16
<http://www.denain-minerai.com>
- **ENGELHARD**
Pigments & Additives Group
Orfinaeweg, 6
CH-4300 Zug
Switzerland
Tel: 41 41 710 82 83
Fax: 41 41 710 82 87
- **GEBRÜDER DORFNER GMBH & CO**
Postfach 1120
D-92242 Hirschau/Oberpfalz
Germany
Tel: 49 9622 8220
Fax: 49 9622 8269
<http://www.dorfner.de>
- **GOODVEAN LTD.**
Goodvean Works, St. Stephen
St. Austell, Cornwall
PL26 7QF
U.K.
Tel: 44 1726 822381
Fax: 44 1726 822341
- **KAOLIN HLUBANY AS**
441 81 Podborský-Hlubavý
Czech Republic
Tel: 420 399 61 51
Fax: 420 399 61 43 56
- **KERAMIKA Horní Brno s.a.**
Horní Brno
33012 Horní Brno
Czech Republic
Tel: 420 19 95 55 01
Fax: 420 19 52 82 22
- **IMERYS**
Tour Massé Montparnasse
33, avenue de Maine
F-75755 Paris Cedex 15
France
Tel: 33 1 45 38 28 93
Fax: 33 1 45 38 43 08
<http://www.imerys.com>
- **SEDLÉCKÝ KAOLIN A.S.**
36226 Buzovice
Czech Republic
Tel: 420 17 38518039
<http://www.sedlecky-kaolin.cz>
- **SOCIÉTÉ KAOLINIÈRE ARMORICAINE**
5 Place de la Liberté B.P. 417
F-22504 Saint-Brevé, Cedex 1
France
Tel: 33 296 33 21 55
Fax: 33 296 33 81 43
- **WBB MINERALS**
Brookside Hall
Suddeock, Cheshire CW11 4TF
U.K.
Tel: 44 1270 75 27 33
Fax: 44 1626 75 27 33
<http://www.wbbminerals.com>
- **LASSELBERGER HOLDING INTERNATIONAL GmbH**
A-3380 Pöchlarn, Wörth 1
Austria
Tel: 43 2757 7501 310
Fax: 43 2757 7501 366

Kaolin - Québec

Château-Richer
Dépôt résiduel pré-glaciaire
Date de production: 1962-1965;
Production: 10 000 t;
Réserves: Château-Richer A : 160 000 t
de catégorie inconnue à 15,0 % KL;
Château-Richer B : 90 000 t de catégorie
inconnue à 18,0 % KL; Château-Richer C :
382 000 t de catégorie inconnue à 25% KL
Source – SIGÉOM

Coupaï-Lamar
Quartzite kaolinisé
Date de production : 1940 ;
Production : 400 t de kaolin.
Source – SIGÉOM



- ✦ En production
- Non-exploités

Kaolin - Références

- Clay and Shale. U.S. Geological Survey (U.S. Bureau of Mines prior to 1996), Minerals Yearbook, annual.
- Baie, B. F., Hetrick, J. H., Patterson, S. H., Neeley, C. L., 1979, Geology and industrial mineral resources of the Macon-Gordon kaolin district, Georgia: U.S. Geological Survey Open File Report 79-526, 41 p.
- Hosterman, J.W. and Orris, G. J., 1998, Preliminary descriptive model of hydrothermal kaolin: *in* Additional descriptive models of industrial mineral deposits, Orris, G. J., ed., U.S. Geological Survey Open File Report 98-505, p. 21-23.
- Patterson, S.H. and Murray, H.H., 1984, Kaolin, refractory clay, ball clay, and halloysite in North America, Hawaii, and the Caribbean region: U.S. Geological Survey Professional Paper 1306, 56 p.
- Hosterman, J.W., 1973, Clays: *in* United States mineral resources, U.S. Geological Survey Professional Paper 820, p. 123-131.
- Andrews, P.R.A., 1992, Bentonite, fullers earth, and kaolinite: Energy, Mines and Resources Canada, Mineral Sciences Laboratories Division Summary Report No. 17, MSL 92-52(R), 127 p.
- Bristow, C.M., 1992, Development of kaolin production and future perspectives: *in* Proceedings of the 10th AIndustrial Minerals@ International Congress, J.B. Griffiths, ed., San Francisco, May, p. 95-104.
- Harben, Peter and Virta, Robert, 1999, High grade kaolin fillers—production review: Industrial Minerals, no. 386, November, p. 25-37.
- 2000, High grade kaolin fillers—trade & distribution: Industrial Minerals, no. 388, January, p. 34-37.
- Industrial Minerals, 1991, Kaolin: Industrial Minerals, no. 281, February, p. 19-37.
- 1993, Kaolin producers move up market: Industrial Minerals, no. 313, October, p. 51-69.
- 1996, Southern specialties: Industrial Minerals, no. 341, February, p. 53-55.
- Kendall, Tom, 1996, Kaolin in paper—a market overview: *in* Industrial clays, 2nd ed., Kendall, T., ed., Industrial Minerals, London, p. 53-73.
- Roskill Information Services, 1996, The Economics of Kaolin, 9th ed.: Roskill Information Services, London, 319 p.
- Pickering, Jr., S.M. and Murray, H.H. 1994, Kaolin: Ch. *in* Industrial Minerals and Rocks, 6th ed., D. Carr, ed., Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc., Littleton, 1049-1069.
- Sellers, Shay, 1996, Non-paper kaolin markets buoyed by strength of fiberglass sector: *in* Industrial clays, 2nd ed., Kendall, T., ed., Industrial Minerals, London, p. 53-73.
- Virta, R.L. and Pickering, Jr., S.M., 1998, White kaolin and other industrial clays—their production, uses, and future: *in* Proceedings of the 3rd North American Industrial Minerals Annual Meeting, Atlanta, October 28-29, 14 p.
- Kaolin. Review *in* Mining Engineering magazine, annual.
- Ciallo, P.A., (ed.) 1996 - Industrial Minerals and their Uses, p. 632 <http://www.chemtec.org/books/book1-28.html>
- Wypych, G., 2000 Handbook of fillers, p. 910 <http://www.chemtec.org/books/bookst-7.html>

Kaolin – Sites Internet

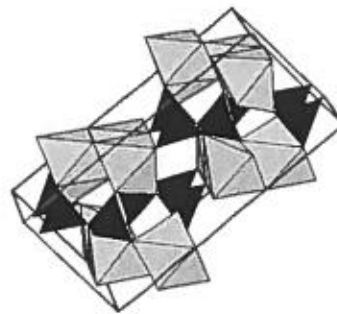
- USGS**
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/clays/index.html#mis>
- Clay Minerals Society**
<http://cms.lanl.gov/>
- Ceramic and Industrial Minerals**
<http://www.ceramics.com/>
- Clay and Clay Minerals**
<http://www.catchword.com/cms/00098604/contp1-1.htm>
- Producteurs de kaolin USA**
http://www.thomasregister.com/SearchListing.aspx?search_type=product&pn=14581409&uuid=&src=go
- International market 2002 kaolin**
<http://www.gobi.co.uk/pdfs/Kaolin.PDF>
- Ressources naturelles Canada**
http://www.nrcan.gc.ca/mms/cmty/com_f.html
- R.T. Vanderbilt Company, Inc.**
<http://www.rtvanderbilt.com/ClayInRubber.pdf>
- Ceramic Industry**
<http://www.ceramicindustry.com>

Wollastonite - Propriétés physiques et chimiques

- **Nom:** Wollastonite; **Classe:** Inosilicates
- **Formule:** CaSiO₃
- **Système cristallin:** Triclinique; **a:** 7,926 Å; **b:** 7,320 Å; **c:** 7,065 Å; **alpha:** 90.05°; **beta:** 95.22°; **gamma:** 103.430°; **Z:** 6
- **Dureté:** 4.7; **Densité:** 3 g/cm³
- **Généralités:** La wollastonite est un minéral caractéristique des cipolins (calcaires transformées par l'intrusion de roches magmatiques). Très abondante, elle forme généralement des masses de fibres très allongées de couleur blanche et d'éclat vitreux à nacré (elle peut être confondu sous cet habitus à la trémolite). Les cristaux idiomorphes sont rares, soit prismatique plus ou moins allongés (jusqu'à 200mm), soit tabulaire parallèlement à {001} ou {100}. Parmi ces nombreux gisements, mentionnons celui ayant fourni parmi les meilleurs cristaux de l'espèce: le gîte de Belafa à Madagascar.
- **Minéraux associés:** autres minéraux des calcaires métamorphiss au contact d'intrusions acides: Calcite Diopside Grossulaire Vésuvianite
- **Forme:** cristaux prismatiques allongés rares, surtout en agrégats fibreux ou lamellaires
- **Clivages:** parfaits et faciles (100) et 001); **Classe cristalline:** -1
- **Fréquence:** minéral rare
- **Gisements:** calcaires ayant subi un métamorphisme de contact

Wollastonite – Propriétés spécifiques

- ► **Se brise en forme d'aiguille (aculaire) durant les opérations de concassage et de broyage.** Cette caractéristique lui confère des propriétés uniques de renforcement recherchées pour de nombreux produits
- ► **Inertie chimique, résistance à la corrosion chimique**
- ► **Non toxique**
- ► **Blancheur**
- ► **Brillance élevée**
- ► **Structure cristalline stable jusqu'à 1 540 °C**
- ► **Très bas PAF (0,5 – 2%)**



Wollastonite - Images

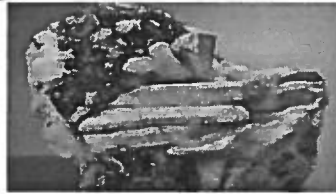


Image
macroscopique



Image
macroscopique

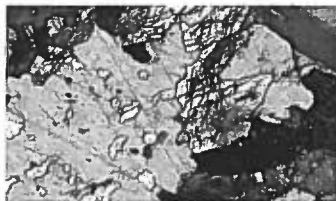


Image au
microscope, LP

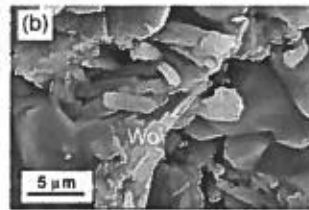
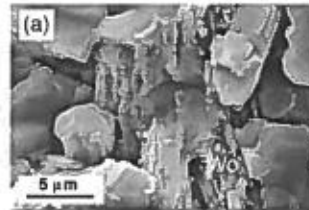


Image au microscope
électronique

Wollastonite - Prix et Production

Prix (en \$ US/t)*

	1998	1999	2000	2001	2002
Prix	180-250	210-280	210-280	200-260	200-260

* en fonction de la granulométrie et du degré d'acicularité

Production mondiale (par pays, en tonnes métriques * 1000)

Pays	2001	2002
Chine	300	300
États-Unis	130	130
Inde	100	100
Méxique	30	40
Finland	20	20
Autres	20	20
TOTAL	600	610

Wollastonite – Utilisation et Substituts

UTILISATION

- Une composante de premier choix pour plusieurs applications passant de la fabrication des tableaux de bord, des enjoliveurs de roue, des pare-chocs pour l'industrie automobile aux tuiles de toiture, tabliers de pont, panneaux de polymère, époxy, fibre de nylon et panneaux ignifuges.
- Utilisée dans les thermoplastiques, les nylons et les résines thermodurcissables.
- La NASA a testé la wollastonite en l'introduisant dans la fabrication de la céramique.
- Les fabricants d'automobiles emploient de la wollastonite dans la fabrication des tableaux de bord.
- Comme charge dans la peinture, adhésifs, caoutchouc, plastique
- La fabrication de puce d'ordinateur, prothèse dentaire, peinture latex extérieure, tuyaux de plomberie, comptoir de plastique moulé, coussins de freins à tambour.
- Des recherches se poursuivent afin de trouver de nouvelles utilisations à la wollastonite, on a qu'à penser au remplacement de l'amiante pour les murs intérieurs des maisons.
- Utilisée comme substitut de l'amiante et du talc dans les technologies de haute température.

SUBSTITUTS

Présentement il y a aucun substitut pour la wollastonite.

Wollastonite – Substituts possibles

La wollastonite pourrait être remplacé comme charge dans plusieurs applications (peintures, adhésifs, caoutchouc) par:

- des minéraux en agrégats fibreux ou lamellaires: des zéolites fibreux (érionite, mésolite, mordénite, natrolite, etc.) ou autres silicates (sépiolite, palygorskite). Pourtant, ces minéraux ont le diamètre des fibres semblable à l'amiante et plus petit que les fibres de la wollastonite, ce qui implique plus de particules par unité de masse de poussière (risque de santé) (International programme on chemical safety
<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc53.htm#SectionNumber:2.2>)

CONSOREM

Wollastonite - Québec

Carte de localisation des gîtes/indices de wollastonite au Québec

	NOM DU GÎTE/INDICE	NOM LOCALITÉ/NEA MÉTALLURGIQUE
1	22394	RIV DU ROAD-BUD
2	22394	PETITE RIV. MÉROUÏKA
3	22394	MÉNARD
4	22394	SAINTE-ONGE
5	22394	RIV DU ROAD
6	22323	WOLLASTONITE DE LA RIVIERE VACHON
7	22479	WOLLASTONITE DE MANICOUAGAN
8	20483	MINI CROSS
9	31362	WINDSUP



•Non-exploités

CONSOREM

Wollastonite – Producteurs/distributeurs

E.T. HORN COMPANY
16141 Heron Avenue
La Mirada, CA 90638
U.S.A.
Tel: (714) 523 8050
Fax: (714) 670 6851

REPTEC S.A. de C.V.
Lerdo de Tejada 272
Mexico 02720 D.F.
Mexico
Tel: (52) (55) 5 561 2476
Fax: (52) (55) 5 561 3661

RIBELIN SALES, INC.
3857 Miller Park Drive
Garland, TX 75042
U.S.A.
Tel: (972) 535 1287
Fax: (972) 487 8677

ED SIMAL & ASSOCIATES, INC.
1356 Milledge Street
East Point, GA 30344
U.S.A.
Tel: (404) 781 7961
Fax: (404) 761 7274

MAJEMAC ENTERPRISES, INC.
1101 Old Coachman Road
Clearwater, FL 33785
U.S.A.
Tel: (727) 797 8606
Fax: (727) 791 7291

GEORGE C. BRANDT, INC.
2075 Long Lake Road
St. Paul, MN 55113
U.S.A.
Tel: (651) 636 6500
Fax: (651) 636 2879

STOCHEM INC.
106 Summerfest Road
Brampton, ON L6T 4X3
Canada
Tel: (905) 458 8888
Fax: (905) 458 0923

DALBERT INTERNATIONAL S.A.
Calle Lago No. 47
Zona Industrial Corinsa
Cagua Edo. Aragua
Venezuela
Tel: (58 44) 75764
Fax: (58 44) 77631

DALBERT INTERNATIONAL S.A.
Avenida 15 #123-71
Piso 2 Oficina 210
Edificio Jorge Barton, Torre B
Santa Fe De Bogotá D.C.
Colombia
Tel: (57 1) 215 4314
Fax: (57 1) 215 0429

REPRESENTACIONES WITTE
Av. Alahuaipe, 564 y
Rumipamba, Quito
Ecuador
Tel: (593 2) 430 309
Fax: (593 2) 430 308

PKD INTERNATIONAL S.A.
Juan de la Fuente No. 593
Lima 18, Peru
Tel: (51 1) 446 6865
Fax: (51 1) 264 3049

CTH Ltda.
Av. Providencia No. 2133
of 207, 8650128
Santiago, Providencia
Chile
Tel: (56 2) 231 6366
Fax: (56 2) 231 6366

MICRO SERVICE Ltda.
R. Minas Gerais 310,
09041-760
Diadema, SP, Brazil
Tel: (55 11) 4075 1999
Fax: (55 11) 4075 3600

KEMKOL S.A.
Av. Belgrano 406 p.7
Buenos Aires, Argentina
Tel: (54 11) 4343 1588
Fax: (54 11) 12 248

GUZMAN MINERALS S.A.
Dels Traginers 9
46014 Valencia
Spain
Tel: 34 (963) 992 421
Fax: 34 (963) 992 409

D2M
155, allée du Lavoir
Chevry, 91190 GIF sur Yvette
France
Tel: (33 1) 60 12 06 79
Fax: (33 1) 60 12 06 09

URAI S.P.A.
Milanofiori, Palazzo E2
20090 Assago, Milano,
Italy
Tel: 39 (028) 92 39 91
Fax: 39 (028) 25 80 20

TOMOE ENGINEERING CO. LTD.
Chemical Products Division
Daini Manuzen Bldg.
9-2 Nihonbashi 3 Chome
Chuo-KU, Tokyo 103-0027
Japan
Tel: (81 3) 3274 0411
Fax: (81 3) 3272 1989

FAR EAST COMMERCIAL CORP.
2nd Floor, Woo Young Bldg.
1557-7 Seocho-Dong
Seocho-Gu, Seoul 137-070
Korea
Tel: (82 2) 585 3600
Fax: (82 2) 585 3258

SWIFT AND CO. LTD.
1st Floor, 372 Wellington Road
Mulgrave, Victoria 3170
Australia
Tel: (61 3) 8544 3100
Fax: (61 3) 9278 3229

SWIFT NEW ZEALAND LTD.
72, Hayr Road, Mt. Roskill
Auckland, New Zealand
Tel: (64 9) 825 6189
Fax: (64 9) 825 6655

PT ESSINDOJAYA PERDANA
Jl. Jembatan Dua 11M-N
Jakarta 14450, Indonesia
Tel: (8221) 660 0219
Fax: (8221) 668 0430

Shanwei Wollastonite Mining Co. Ltd
<http://www.china-wollastonite.com/shanwei1.htm>

Dellen Huan Qiu Minerals Co., LTD
<http://www.hq-minerals.com/>

Hulan(Jilin) Wollastonite Mining Co., Ltd
<http://www.chinshulan.com>

NYCO
<http://www.nycominerals.com>

Wollastonite - Références CONSOREM

- Brown, C.E., 1983, Mineralization, mining, and mineral resources in the Beaver Creek area of the Grenville Lowlands in St. Lawrence County, New York, U.S. Geological Survey Professional Paper 1279, p. 21.
- Orris, G. J., 1991, Descriptive model of wollastonite skarn: Ch. *in* Some industrial mineral deposit models; descriptive deposit models, Bliss, J. D., ed., U.S. Geological Survey Open File Report 91-11-A, p. 5-6.
- Andrews, P.R.A., 1993, Wollastonite: Canada Centre for Mineral and Energy Technology— Energy, Mines and Resources Canada, Summary Report 18, February, 26 p.
- Bauer, Ronald, Copeland, Joseph, and Santini, Ken, 1994, Wollastonite: Ch. *in* Industrial Minerals and Rocks, 6th ed., D. Carr, ed., Society for Mining, Metallurgy, and Explorations, Inc., Littleton, 1119-1128.
- Bolger, Rachel, 1998, Wollastonite—quality remains the key aspect: Industrial Minerals, no. 374, November, p. 41-51.
- Fattah, Hassan, 1994, Wollastonite—new aspects promise growth: Industrial Minerals, no. 326, November, p. 21-41.
- Industrial Minerals, 1969, Wollastonite comes of age: Industrial Minerals, no. 19, April, p. 8-13.
- ———1975, Wollastonite: Industrial Minerals, no. 15, July, p. 15-29.
- Moroney, J., 1994, Calcium metasilicate (wollastonite). Paper *in* Proceedings of Industrial Minerals Congress, J.B. Griffiths, ed., Berlin, April 24-27, 1994, p. 92-94.
- O'Driscoll, Mike, 1990, Wollastonite production: Industrial Minerals, no. 279, December, p. 15- 23.
- Power, Tim, 1986, Wollastonite: Industrial Minerals, no. 220, January, p. 19-34.
- Roskill Information Services, 1990, The economics of wollastonite, 4th ed.: Roskill Information Services, London, 172 p.
- Smith, Martin, 1981, Wollastonite: Industrial Minerals, no. 167, August, p. 25-33.
- Soilman, K.J., 1993, The many faces of wollastonite: American Institute for Mining Exploration Preprint 93-225, 8 p.
- Wollastonite. Review in Ceramic Bulletin magazine, annual.
- Wollastonite. Review in Mining Engineering magazine, annual.
- Fording Inc., 2001, 2001 annual report: Calgary, Canada, Fording Inc., 68 p.
- Wollastonite: Industrial Minerals, no. 379, April, p. 19.
- Industrial Minerals, 2001, Prices: Industrial Minerals, no. 411, December, p. 83.
- Kendall, Tom, 2001, Wollastonite review: Industrial Minerals, no. 411, December, p. 63-67.
- North American Minerals News, 2001, Vasily to bring Ontario wollastonite deposit into production: North American Minerals News, no. 78, November, p. 5.
- Rieger, K.C., 2001, Wollastonite: Ceramic Bulletin, v. 80, no. 8, August, p. 104-106.
- Jacob, H. L., Inventaire des éléments de minéraux industriels offrant un potentiel pour la production de charges minérales. Ministère de l'énergie et des ressources du Québec. Mb 87-43.
- Grammatikopoulos, T. A., et Clark, A. H., 1998. Application of Petrographic Techniques in Evaluating the Quality of Wollastonite. Tenth Annual Conference on Markets for Industrial Minerals, Vancouver, Canada, 15 p. Blendon Information Services.
- Grammatikopoulos, T. A., 1999. Wollastonite Skarn Mineralization and Associated Plutonic Rocks in the Grenvillian Central Metasedimentary Belt, SE Ontario. Ph.D. thesis, Queen's University, Kingston, On, 776 p.

CONSOREM

Wollastonite – Sites Internet

USGS:

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/wollastonite>
<http://pubs.usgs.gov/fs/fs-0002-01/fs-0002-01textonly.pdf>

NYCO Minerals:

<http://www.nycominerals.com/bins/index.asp>

Ressources Orléans, Qc

<http://www.destination.ca/~jgagnon/woll.htm>

The American Ceramic Society

<http://www.ceramics.org/>

Paint & Coatings Industry

http://www.pcimag.com/CDA/ArticleInformation/features/BNP_Features_Item/0,1846,86825,00.html

Ressources naturelles Canada

http://www.nrcan.gc.ca/mms/cm/com_f.html

Industrial Minerals 2002

http://me.smenet.org/200306/pdf/min0306_15.pdf

Borates – Propriétés physiques et chimiques

- *Sous-classe comptant environ 230 (en 1996) espèces et variétés, les borates se rencontrent dans des bassins d'évaporation en liaison avec des roches volcaniques. Généralement incolores ou blancs, ils possèdent de faibles duretés et densités et sont fréquemment hydratés.*

Exemple: Colémanite

- **Classe:** Borates; **Formule:** $\text{CaB}_2\text{O}_6(\text{OH}) \cdot \text{H}_2\text{O}$; **Dureté:** 4.5; **Densité:** 2.42; **Système cristallin:** Monoclinique a: 8.712 Å; b: 11.247 Å; c: 6.091 Å; alpha: 90°; beta: 110.120° gamma: 90°; Z: 4; **Classe cristalline:** 2/m
- **Généralités:** Minéral typique des dépôts sédimentaires de type évaporitique (lac salés dans les climats désertiques). Cristaux prismatiques courts de faciès variés et généralement très riches en faces brillantes et planes. Parfois pseudo-rhomboédriques ou pseudo-octaédriques. Masses clivables à compactes. Agrégats sphérolitiques. Transparente à translucide. Eclat vitreux vif à adamantin. Incolore à blanc laiteux, blanc jaunâtre, gris. Poussière incolore. Minéraux associés : autres borates et gypse
- **Minéraux associés:** Borax Gypse Kernite Ulexite
- **Forme:** cristaux prismatiques trapus, également en masses fibreuses
- **Clivages:** parfait (010)
- **Fréquence:** minéral assez commun
- **Gisements:** produit d'évaporation des lacs salés en régions arides et volcaniques

Le principaux minéraux de B

Borax (tétraborate)	$\text{H}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	62.2
Colémanite	$\text{CaB}_2\text{O}_6(\text{OH}) \cdot \text{H}_2\text{O}$	50.8
Tincal	$\text{CaB}_2\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$	22.2
Hydroborate	$\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	50.3
Kernite (gémme)	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	51.0
Picrite (gémme)	$\text{CaB}_2\text{O}_6 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	49.8
Prodorite (gémme)	$\text{Na}_2\text{CaB}_6\text{O}_{13} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	49.6
Saoudite (natural boron acid)	H_2BO_3	56.3
Szafirinite (gémme)	$\text{H}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	41.1
Tincal (natural borax)	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	36.5
Tenzakomite (molvite)	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	47.8
Ulexite (boronate)	$\text{Na}_2\text{CaB}_6\text{O}_{13} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	43.0

B%

Borates – Propriétés spécifiques

- Capacité de polymérisation (similaire aux tétraèdres de SiO_2) sous forme de chaînes, feuilles ou groupes multiples isolés
- Aucun risque pour la santé;
- Inhibition du processus métabolique
- L'effet de lessivage
- L'effet de tampon (buffer) – balance l'acidité et l'alcalinité dans beaucoup d'applications;
- L'effet de cohésion
- Absorption des neutrons
- Sans odeur, sans couleur
- Non susceptible à la dégradation thermique ou photochimique
- Non corrosive

Borates - Images

4 minéraux: colemanite, kernite, tincalconite, ulexite



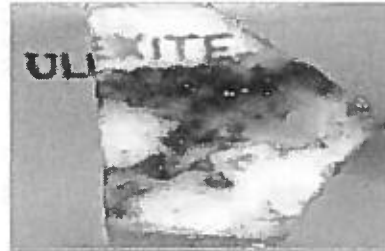
Colemanite



Kernite



Tincalconite



Ulexite

Borates – Prix et Production mondiale

Prix (en \$ US/t)

	1998	1999	2000	2001	2002
Prix	340	376	376	376	376

Production mondiale (par pays, en tonnes métriques * 1000)

Pays	2001	2002
Turquie	1 500	1 500
États-Unis	1 050	1 200
Russie	1 000	1 000
Argentine	500	500
Chile	338	330
Chine	150	150
Bolivie	34	35
Pérou	30	30
TOTAL	4 600	4 800

Borates – Utilisation et Substituts CONSOREM

UTILISATIONS

Les principaux composés du bore sont utilisés, à plus de 99 % des quantités consommées, sous forme de borates ou de perborates.

- Industrie du verre: Fibres de verre d'isolation (laine de verre) qui facilite la fusion, empêche la dévitrification et améliore la résistance à l'eau. Utilisation de borax pentahydraté lors de la fabrication des fibres; Fibres de verre de renforcement de matières plastiques: utilisation de colémanite lors de la fabrication de ces fibres qui n'admettent pas des teneurs élevées en sodium. Ces fibres sont utilisées dans la fabrication de coques de voiliers, cannes à pêche et de matériaux composites utilisés dans la furtivité (leur non-conductivité et leur faible constante diélectrique les rendent transparents aux radars); Verre borosilicaté (Pyrex): apporte la résistance aux chocs thermiques et aux acides.
- Détergents : utilisation sous forme de borax et de perborates de sodium (NaBO_3) mono ou tétrahydratés. Les perborates qui libèrent H_2O_2 au-dessus de 60°C , sont les principaux agents de blanchiment utilisés en Europe.
- Émaux et glaçures céramiques: l'oxyde de bore facilite la formation du verre et sa teneur permet d'ajuster les coefficients de dilatation thermique du support et du revêtement. Il augmente l'indice de réfraction et la résistance aux attaques chimiques et aqueuses.
- Agriculture: le bore est un oligo-élément essentiel à la croissance et au développement des plantes. Des borates, sous forme de borax ou d'octoborate ($\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$) peuvent être ajoutés aux engrais.
- Sidérurgie et métallurgie: les borates dissolvent les oxydes métalliques et sont donc utilisés comme flux dans la soudure et le brassage ainsi que pour favoriser l'obtention de laitiers fusibles. Cette propriété de dissolution des oxydes métalliques est utilisée en chimie, en analyse qualitative: en formant des perles de borax, on obtient des verres de couleurs caractéristiques des métaux dont les oxydes ont été dissous.
- Peintures : le borate de zinc est utilisé comme pigment anticorrosion.
- Inhibiteur de corrosion des métaux: dans les circuits de refroidissement d'eau des automobiles.
- Ignifugation: de fibres cellulose et de plastiques sous forme de borax, acide borique, borate de zinc.
- Ciments et bétons : le borax ralentit leur vitesse de durcissement.
- Fongicide et insecticide : pour traiter les bois de construction.
- Pharmacie : antiseptiques, les borates, sont utilisés dans de nombreux produits d'usage courant : cosmétiques, produits d'hygiène...
- Centrales nucléaires : des borates sont utilisées, en solution, dans le circuit primaire des réacteurs.
- Chimie : les borates sont les produits de départ de tous les composés du bore. L'acide borique est utilisé comme catalyseur lors de l'oxydation du cyclohexane destiné à produire le Nylon.

SUBSTITUTS

- La substitution des borates est possible dans la fabrication du savon (par les sels de Na et de K des acides gras), des détergents (par du chlore ou des enzymes), des émaux (par des phosphates) et pour l'isolation (par la cellulose ou la laine de verre).

CONSOREM

Borates – Substituts possibles

- Même si le prix des borates est considéré comme trop élevé par les consommateurs (<http://www.boraxtr.com/boraxtr/Etihol/cave2.htm>), présentement il n'y a pas des minéraux qui peuvent remplacer les borates, mais des produits synthétiques ou d'autres borates
- L'exemple le plus récent est le remplacement du borate de Gerstley (un mélange d'uléxite avec des petites quantités de colémanite, probertite, hectorite et de gangue), le produit principal pour la fabrication des glaçures céramiques. La mine de Shoshone, Californie (qui produisait 90% de ce borate utilisé dans la céramique) a fermé (en 2003). Présentement, le borate de Gerstley peut être remplacé par d'autres matériaux qui représentent des mélanges de plusieurs types de borates et autres éléments chimiques. Exemples: le borate de Murray (qui contient uléxite, colémanite et silice), le borate de Gillespie (mélange d'uléxite, argile, carbonates et silicates des métaux alcalino-terreux), cadycal (borate de Ca, principalement pricéite, et autres oxydes auxiliaires), ferro-frit (mélange d'uléxite, colémanite et feldspath), le borate d'IMCO (composants non-publiés)

Borates – Producteurs

CONSOREM

ETI HOLDING A.S. GENERAL MANAGEMENT

Tunus Cakkeni No.33
T-06680 Kavaklidere, Ankara
Turkey
Tel: 90 (312) 419 9767
Fax: 90 (312) 417 0588
<http://www.etiholding.gov.tr>

SOCIETÀ CHIMICA LARDERELLO S.P.A.

Via Fam 28
I-20124 Milano
Italy
Tel: 39 02 677 16822
Fax: 39 02 677 16850
<http://www.imcaglobel.com>

RIO TINTO BORAX

Borax Argentina S.A.
Huaytiquina 227 (4407) Campo Quijano
Salta, Argentina
Tel: (54) 387 490 4030 Fax: (54) 387 490 4031

Borax Asia Pte. Ltd.
501 Orchard Road #08-02 Wheelock Place
Singapore 238880
Tel: (65) 6738 6068 Fax: (65) 6738 6282

Borax Asia Pte. Ltd.
Taiwan Branch
6th Fl, No. 190 Keelung Road, Sec. 2, Taipei 106, Taiwan
R.O.C.
Tel: (886) 2 27475166 Fax: (886) 2 27475160

U.S. Borax Beijing
No. 1822, 18th Floor, Tower 2
China World Trade Centre, No.
1 Jianguomenwai Avenue Beijing, PRC 100004
Tel: (86) 10 65057046/4748 Fax: (86) 10 65057049

Borax Benelux

Avenue Baron Albert d'Huart, 17 1150 Brussels Belgium
Tel: (32) 2 512 8858 Fax: (32) 2 514 0697

Borax España S.A.

Pol. Ind. La Mina Apartado 197 12520 Nules Castellon, Spain
Tel: (34) 964 659 030 Fax: (34) 964 674 659

Borax Europe Limited

1A Guildford Business Park Guildford GU2 8XG
United Kingdom
Tel: (44) 1483 242000 Fax: (44) 1483 242001

Borax Français

Route de Bourbourg B.P. 59 59411 Coudekerque-Branche Cedex
France
Tel: (33) 03 28 29 28 30 Fax: (33) 03 28 61 10 18

Borax Italia S.r.l.

Fermo Posta Monte Marcello 19030 (SP) Italy
Tel: (39) 0187 608004 Fax: (39) 0187 609677

Borax Rotterdam N.V.

Welpstraatweg 104 P.O. Box 5100 3197 ZG Botlek-RT Netherlands
Tel: (31) 10 490 9600 Fax: (31) 10 416 0023

Borax South America Repr. Ltda

Av das Nações Unidas 12551 cj 2208 Brooklin Novo
04578-000 São Paulo, SP Brasil
Tel: (55) 11 3043 7230 Fax: (55) 11 3043 7231

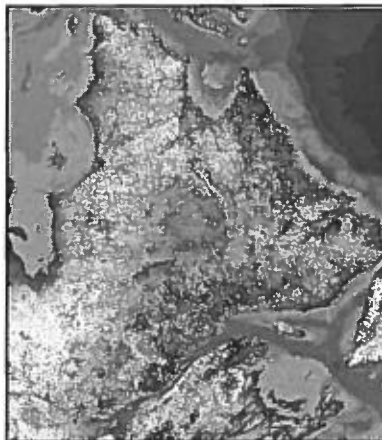
U.S. Borax Inc.

Boron Operations 14486 Boron Road Boron, California 93516
Tel: (760) 762 7000 Fax: (760) 762 7335

CONSOREM

Borates - Québec

Aucun indice/gite au Québec



Borates - Références

- Ciullo, P.A., (ed.) 1996-Industrial Minerals and their Uses, p. 632 <http://www.chemtec.org/books/book1-28.html>
- Wypych, G., 2000 Handbook of fillers, p. 910 <http://www.chemtec.org/books/books1-7.html>
- Baele, S., 2000, Boron: Mining Engineering, v. 52, no. 6, June, p. 29-30.
- Bhatia, Tarun, 2001, Borates to the rescue—Treated structural system saves the day: BoraxPioneer, no. 20, p. 4.
- Chemistry International, 2001, XIth international meeting on boron chemistry (IMEBORON XI)—28 July-2 August 2002—Moscow, Russia: Chemistry International, v. 23, no. 6, p. 181.
- Chemical Market Reporter, 2001, Borax names distributor: Chemical Market Reporter, v. 258, no. 2, p. 29.
- Edbrooke, P.A., 2000, Borates—Sustainable development in the new millennium: Industrial Minerals, no. 393, June, p. 71-75.
- Garrett, Rodney, 2000, Rio Tinto Borax quick off the mark: Mining Magazine, v. 183, no. 4, October, p. 18-25.
- Grenville-Robinson, John, 2002, Borax to fuel the future?: Review, no. 61, March, p. 7-9.
- Industrial Minerals, 2001a, Argentina—Borax outlines new resources: Industrial Minerals, no. 411, December, p. 9.
- Industrial Minerals, 2002, Boron minerals: Industrial Minerals, no. 413, February, p. 19.
- Martinae, Vanja, Nedjeljka, Petric, and Labor, Miroslav, 2001, An examination of B₂O₃ in magneslum oxide obtained from seawater: Materiali in Tehnologije, v. 35, no. 3-4, p. 113-116.
- Mining Engineering, 2000, New technology allows reprocessing of borate reserves: Mining Engineering, v. 52, no. 11, November, p. 14.
- Rio Tinto plc, 2002, 2001 Rio Tinto annual review: London, United Kingdom, Rio Tinto plc, 40 p.
- Boron. Ch. in Mineral Commodity Summaries, annual.
- Evaporites and Brines. Ch. in United States Mineral Resources, U.S. Geological Survey Professional Paper 820, 1973.
- Garrett, D.E., 1998, Borates : Handbook of Deposits, Processing, Properties, and Use. Academic Press, 483 p.

Borates – Sites Internet

Industrial Minerals Association – North America

http://www.ima-na.org/about_industrial_minerals/borates.asp

USGS

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/boron/index.html#mcs>

Mineral Information Institute

<http://www.mii.org/Minerals/photobor.html>

European Borates Association

<http://www.ima-eu.org/en/borate.htm>

Utilisation des borates

<http://www.borax.com/borates2h.html>

Les rapports Roskill

<http://www.roskill.com/reports/boron>

Rio Tinto Borax

<http://www.borax.com/index.html>

Industrial Minerals 2002

http://me.smenet.org/200306/pdf/min0306_15.pdf

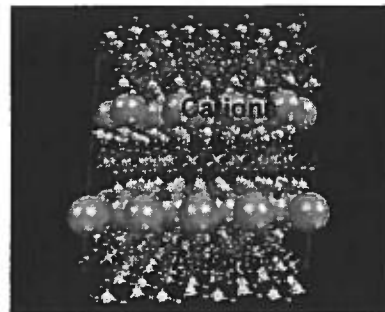
Mica – Propriétés physiques et chimiques

- **Nom:** Mica (terme générique, 34 minéraux) **Classe:** Phyllosilicates
- **Formule:** Variable
- **Système cristallin:** Hexagonal; a: 0 Å; c: 0 Å; **alpha:** 90°; **gamma:** 120°; **Z:** 4
- **Dureté:** 4; **Densité mesurée:** 1 g/cm³
- **Généralités:** Le groupe des micas est composé par des phyllosilicates monocliniques de formule générale $XY_2-3Z_4O_{10}(OH,F)_2$ avec X = Ba, Ca, Cs, (H₂O), K, Na, (NH₄); Y = Al, Cr³⁺, Fe²⁺, Fe³⁺, Li, Mg, Mn²⁺, Mn³⁺, V³⁺, Zn; Z = Al, Be, Fe³⁺, Si. Les micas sont caractérisés par un clivage basal excellent. Les membres les plus courants de ce groupe sont la muscovite, la biotite et la phlogopite.
- **Minéraux associés:** très nombreux, varient selon la nature de la roche
- **Forme:** cristaux tabulaire à faciès hexagonal, avec un excellent clivage permettant un débit en lamelles minces, masses lamellaires, agrégats écailleux
- **Clivages:** parfait et facile (001); **Classe cristalline :** 2/m
- **Fréquence:** minéral extrêmement commun
- **Gisements:** minéral très commun dans les roches acides, sédimentaires et métamorphiques

Mica – Propriétés spécifiques

- ► Les seuls types exploités sont la muscovite (mica blanc) et la phlogopite (mica brun ou vert)
- ► Clivage basal prononcé
- ► Structure cristalline en couches
- ► Feuilles minces et flexibles
- ► Organophyllique (affinité pour les matériaux organiques)
- ► Hydrophobe (n'absorbe pas l'eau)
- ► Excellent pouvoir lubrifiant
- ► Faible conductivité électrique et chimique
- ► La muscovite est stable jusqu'à 600°, la phlogopite résiste à des températures de 1 000°
- ► Délaminage facile, qui permet de développer des produits à très grande surface spécifique: les meilleures qualités de micas ont un aspect-ratio (le rapport de la dimension basale et de l'épaisseur du mica) entre 10:1 et 150:1

La structure de la muscovite



Mica - Images



Image macroscopique



Image au microscope, LN

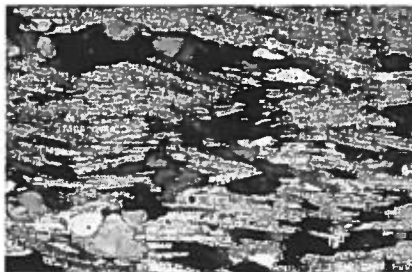


Image au microscope, LP

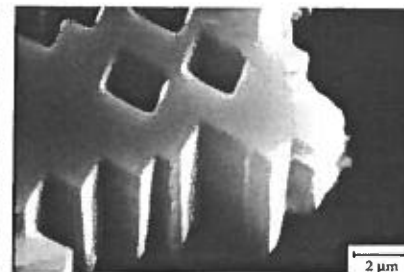


Image au microscope électronique

Mica - Gisements



■ Gisements de mica

Mica – Prix et Production mondiale

Prix (en \$ US/t)

Prix	1998	1999	2000	2001	2002
Paillettes	87	148	136	82	100
En poudre					
- humide	909	849	751	771	800
- sec	179	192	169	147	150

Production mondiale (par pays, en tonnes métriques * 1000)

Pays	2001	2002
Russie	100	100
États-Unis	98	84
Corée	40	40
Canada	17	17
Brésil	4	4
Inde	2	2
TOTAL	300	280

Mica – Utilisation et Substituts

UTILISATION

- Les micas les plus employés dans l'industrie (90 % de la production totale) sont la muscovite et la phlogopite. Le lépidolite (mica lithinifère) est utilisé comme source de lithium.
- Les produits, de valeurs très inégales, sont commercialisés en feuilles ou en poudre.
- Micas en feuilles utilisés dans les industries électronique et thermique;
- Micas en paillettes, micas en poudre utilisés comme charges dans la peinture, les panneaux de gypse, les plastiques, les lubrifiants, le caoutchouc, les cartons bitumineux de toiture et comme anticollant dans l'asphalte et dans les boues de forage.
- La phlogopite, qui est résistante à de très hautes températures et a mauvaise conductivité de la chaleur et de l'électricité, est utilisée dans l'industrie comme isolant (fers, appareils électriques, etc.)

SUBSTITUTS

- Plusieurs minéraux et roches comme la vermiculite, la diatomite et la perlite sont similaires aux micas et peuvent les remplacer. Plusieurs matériaux (styrène, polyester, Téflon, Plexiglas, etc) peuvent remplacer les micas en feuilles comme charge minérale dans les industries électronique et thermique

Mica – Substituts possibles

Les micas pourraient être remplacés comme isolant par:

- matériaux plastiques
- micanite (mélange de mica naturel et résines synthétiques)
- mica synthétique (produite déjà en Chine)

Les micas pourraient être remplacés comme charge dans le plastique par:

- fibres de verre
- wollastonite
- talc

Best of all for mining companies, there aren't any economic synthetic substitutes for mica. "In some things, you can't beat nature, and mica is one of them" (1999)

Depuis 2001, le marché des micas synthétiques augmente par 1 kt/an

Mica - Québec

Carte de localisation des gîtes/indices de mica au Québec

Lac Letondal

Mine active (exploité par Zemex Industrial Minerals), minéralisation massive de phlogopite, réserves de 27 Mt à 80-85% mica, la roche encaissante est ultramafique (suzorite).

Source : Sigeom



L'usine de préparation de Boucherville



- ✦ En production
- Non-exploités

NUMÉRO FEUILLET SNRC		NOM GISEMENT NON MÉTALLIQUE	
1	<input checked="" type="checkbox"/>	31016	MINE DU LAC LETONDAL (LAV.,BED.,MAR.)

Mica - Producteurs/Distributeurs

Mica Manufacturing CO. Pvt. Ltd.
<http://www.micamafco.com>

Semco Electronic Capacitors
<http://www.semco-usa.com>

Micafab India Pvt. Ltd
<http://www.micafab.com>

Paramount Corporation
<http://micasales.com>

Tar Heel Mica Company
<http://www.tarheelmica.com>

U S Samica
<http://www.ussamica.com>

Jalan Mica Exports
<http://imexport.ebigchina.com>

Micamac Incorporation
<http://www.micamac.com>

Beijing Jia-an Electrotechnical Material Co. Ltd.
<http://www.bjiin-an.com.cn>

Tough International (P) Ltd.
<http://micazone.tripod.com>

CVC Mining Company
<http://www.micaindia.com>

Hil Rise Exports Pvt. Ltd
<http://h-rise.ebigchina.com>

NSCMica
<http://www.nsemica.com>

Georgia Industrial Minerals
<http://gim-inc.com>

MinTech
<http://www.mtminerals.com/company.htm>

Micronized Group
<http://www.micronized.com/>

Zemex Industrial Minerals
<http://www.z-i-m.com>

Asheville-Schoonmaker Mica Co.
<http://www.ashevilemica.com/>

Mica - Références

- Ciullo, P.A., (ed.) 1996 -Industrial Minerals and their Uses, p. 632 <http://www.chemtec.org/books/book1-28.html>
- Wypych, G., 2000 Handbook of fillers, p. 910 <http://www.chemtec.org/books/books1-7.html>
- Rieder, M. et al., 1998, Nomenclature of the micas: American Mineralogist IMA Mica Report, Nov-Dec, p. 1366-1371.
- Economics of Mica, The (7th ed.), Roskill Information Services Ltd., 1991.
- Mica. Ch. in Mineral Facts and Problems, U.S. Bureau of Mines Bulletin 675, 1985.
- Jacob, H. L., Inventaire des gisements de minéraux industriels offrant un potentiel pour la production de charges minérales. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec. Mb 87-43.
- Jacob, H. L., Guide pour la prospection des minéraux industriels au Québec. Ministère des Ressources naturelles du Québec. PRO 2000-07.
- Harben, P. W., M. Kuzavart. Industrial minerals. A global geology. Industrials information ltd. Metal bulletin, PLC London, 462 pp.
- Harben, P.W., 1995 - Mica. The Industrial Minerals Handybook, 2nd ed., Industrial Minerals Information Ltd., London, pp. 109-113.
- Robbins, J., 1985 - Sheet mica - and its challenging face. Industrial Minerals, no. 209, pp. 33-47.
- Hawley, G.C., 1981 - Expanding markets and technologies for mica from Suzor Township, Quebec. AIME reprint no. 81-121, 10 pp.

Mica – Sites Internet

Industrial Minerals Association – North America

http://www.ima-na.org/about_industrial_minerals/mica.asp

USGS

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/mica/index.html#mcs>

Mineral Information Institute

<http://www.mii.org/Minerals/photomica.html>

Utilisation des minéraux industriels

http://www.peterharben.com/industrial_minerals_uses.htm

Les rapports Roskill

<http://www.roskill.com/reports/mica/contents>

Zemex Industrial Minerals

<http://www.z-i-m.com>

Industrial Minerals 2002

http://me.smenet.org/200306/pdf/min0306_15.pdf

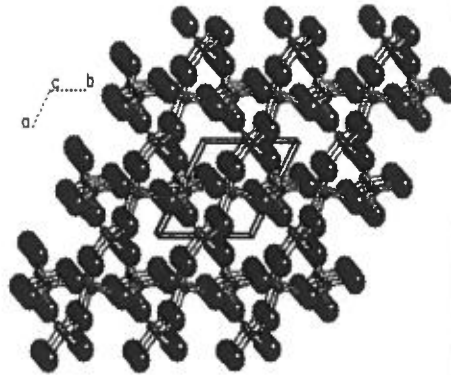
Silice - Propriétés physiques et chimiques

- **Nom:** Il y a dix systèmes cristallins ou polymorphes de la silice; le quartz est la forme la plus commune
- **Classe:** Tectosilicates
- **Formule:** SiO₂
- **Système cristallin:** Rhomboédrique; a: 4.921 Å; c: 5.416 Å; **alpha:** 90°; **gamma:** 120°; **Z:** 3
- **Dureté:** 7; **Densité:** 2.65 g/cm³
- **Généralités:** Le plus abondant des minéraux de l'écorce terrestre. Ses formes et ses couleurs sont très variées. Il se présente en cristaux ordinairement prismatiques terminés par deux rhomboèdres assumant l'apparence d'une pyramide hexagonale, pouvant atteindre 1,5 à 2 m de hauteur. Les faces du prisme sont ordinairement striées horizontalement. Souvent massif ou en grains dans la plupart des roches de l'écorce. Transparent à translucide, parfois opaque. Eclat vitreux vif, faible dans les variétés colorées. Couleur variable, incolore (cristal de roche), blanc, brun, violet (améthyste), rose, jaune (citrine), vert (aventurine). Poussière incolore ou très pâle. Infusible. Lentement soluble dans l'acide fluorhydrique.
- **Minéraux associés:** extrêmement nombreux
- **Forme:** cristaux prismatiques allongés, terminés par une pyramide hexagonale, également en masses compactes
- **Clivages:** inexistant; **Classe cristalline:** 32
- **Fréquence:** le plus abondant des minéraux dans la croûte terrestre
- **Gisements:** minéral ubiquiste : la majorité des roches éruptives, sédimentaires et métamorphiques, pegmatites, filons hydrothermaux

Silice - Propriétés spécifiques

- Elle fond à 1710 degrés C.
- Piézoélectrique
- Pyroélectrique
- Teneur en SiO₂ > 99,5%
- Comme charge la silice donne la propriété thixotropique de la peinture (elle se fige quand le mouvement d'étalement s'arrête)

La structure du quartz



Silice - Images



Image macroscopique

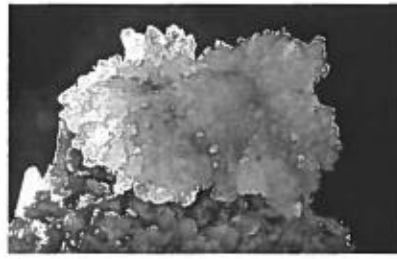


Image macroscopique

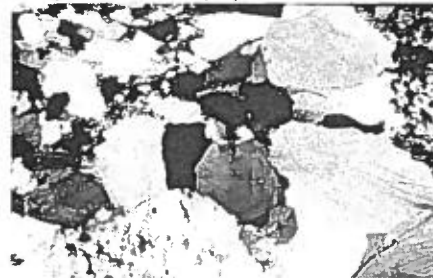


Image au microscope, LP

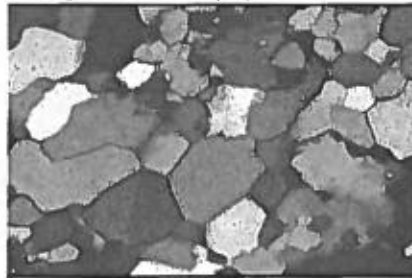


Image au microscope, LN

Silice – Utilisation

- On utilise le quartz en électronique, pour ses propriétés piézoélectriques.
- Charges pour les plastiques, peintures (propriété thixotropique : la peinture se fige quand le mouvement d'étalement s'arrête)
- Les premières industries consommatrices de silice sont celles de la verrerie (verre plat, verre d'emballage, verre technique, fibres de verre) et de la fonderie (moules de fours). Ces industries représentent environ 80 % de la consommation de silice.
- Un autre secteur d'utilisation est l'électrometallurgie pour la fabrication des ferro-alliages, dont le ferrosilicium, du silicium métal, des produits électrofondus pour abrasifs et réfractaires, dont le carbure de silicium. On utilise aussi la silice dans le bâtiment (enduits, mortiers, bétons), comme charge minérale (peintures, plastiques) et comme dégraissant dans l'industrie céramique.
- Les différentes qualités de silice correspondent aux différents usages. En particulier, la silice extrapure est demandée en électrometallurgie et dans les secteurs de haute technologie.
- Les différentes formes de silice actuellement utilisées comme excipients sont pour la plupart des silices dites colloïdales auxquelles on donne encore le nom de gels de silice. De nombreuses formes commerciales existent, différant plus ou moins entre elles par leurs propriétés physiques, mais leur intérêt principal réside toujours dans leur pouvoir absorbant très élevé. Les silices colloïdales sont utilisées en pharmacie, notamment dans le domaine des poudres dermatologiques pour permettre l'introduction d'une certaine quantité de solution aqueuse et dans celui des comprimés comme désintégrant ou comme lubrifiant. Elles sont également employées dans la formulation de suppositoires pour augmenter la viscosité de certaines masses, dans les émulsions et suspensions comme agents stabilisants, dans les pommades pour leur propriété de donner des gels de consistance molle, non seulement avec de l'eau mais aussi avec des alcools, des huiles ou des essences...

Silice – Substituts et Substituts possibles

SUBSTITUTS

Le quartz (cristaux) est le meilleur matériel pour les filtres de fréquence et les oscillateurs de contrôle de la fréquence dans les circuits électroniques. Autres matériaux, comme le orthophosphate d'aluminium (la berlinite, minéral très rare) et le tantalate de lithium, qui ont des constantes de couplage piézoélectrique plus larges ont été essayés comme substitut du quartz.

SUBSTITUTS POSSIBLES

La silice ne présente un danger que dans la mesure où l'on trouve en suspension dans l'air des particules de silice assez fines pour qu'elles puissent être inhalées.

Pour les abrasifs, la silice peut être remplacé par: oxide d'Al, polycarbonate cryogénique, grenat, plastique mélanine, carbure de Si, zircon

Comme matériel piézo-électrique, la silice peut être remplacé par: sulfates, phosphates, sucres, tourmaline, sel de Seignette (un tartrate de sodium et de potassium hydraté), monophosphate d'ammonium (A.D.P.), tartrate d'éthylène diamine (E.D.T.) et tartrate dipotassique (D.K.T.). Certains de ces matériaux ont déjà été utilisés. Pourtant, les quantités disponibles de quartz, sa qualité et les prix représentent un obstacle dans la recherche des substituts pour le quartz.

Il n'y a pas des substituts pour la silice utilisée comme charge minérale

Silice - Prix et Production mondiale

Prix (en \$ US/kg* ou \$ US/t**)

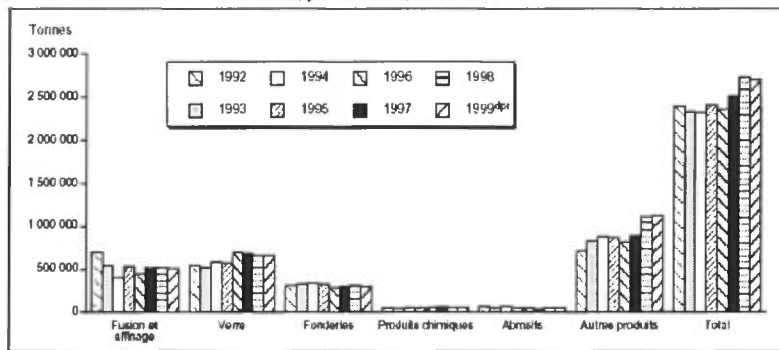
Prix	1998	1999	2000	2001
Cristaux quartz*	50	50	23	51
Quartz cristallin (Tripoli)**	213	238	221	332

Production mondiale (par pays)

Pays	2001	2002
Chine	données non-disponibles	données non-disponibles
Japon	données non-disponibles	données non-disponibles
Russie	données non-disponibles	données non-disponibles
États-Unis	données non-disponibles	données non-disponibles
Canada	données non-disponibles	données non-disponibles
Autres	données non-disponibles	données non-disponibles
TOTAL	données non-disponibles	données non-disponibles

Silice - Canada

Quantité de silice utilisée au Canada, par industrie, de 1992 à 1999



Source : Ressources naturelles Canada.
 dpe : données provisoires.

Silice - Québec

CONSOREM

Carte de localisation des gîtes/indices de silice au Québec

	NOMÉRO PERIMÈTRE SHRC	NOM ÉLABORÉ DU CARRIÈRE
1	12L87	CAR. DU LAC À PIERRE
2	21L83	CAR. DE THETFORD
3	21L84	PROSPECT DE BEAUPORT
4	21M50	SAINT-URBAIN (LEEDS METALS)
5	22M10	LAC PROFOND
6	21M19	CAR. SKW - GISEMENT A
7	21M15	CAR. SILICIUM SEX (GISEMENT C)
8	21M13	SILICE DE SAINT-SIMÉON
9	22B14	SILICE DE CHERBOURG
10	22O02	SILICE DU LAC HA-HA
11	22P03	PROSPECT DE SILICE DU LAC TROMPEUR
12	22P08	LAC LA CHEWAYE
13	22P04	LAC CROCHE - NORTH SHORE
14	22G14	CHEMIN DU LAC PROFOND
15	22B14	FENNOYT
16	22B14	MONT SURVIE
17	22B14	SILICE DU LAC DAIGLE SUD-EST
18	21G11	JEAN-PAUL LEGAULT
19	21G15	CAR. SAINT-RÉMI-D'AMHERST
20	21G15	CAR. DE LA SOCIÉTÉ GARDIN
21	21M13	CAR. DE CONSOMERS INDUSTRIAL
22	21L15	LAC CLAIR
23	21J02	CAR. CLYDE (DOMINION SILICA)
24	21J07	CAR. DE LORANGER
25	21J08	CAR. SAINT-DONAT
26	21L18	CAR. DE QUARTEITE DU LAC BEAUCHÊNE

Le Québec comptait huit producteurs de silice en 2000.



Silice – Producteurs/Distributeurs

CONSOREM

Nantong Dongyuan Desiccant Manufacture Co., Ltd <http://www.ndrtyer.com>

Qingdao Halyang Chemical Co. Ltd <http://www.halyangchem.com>

Kangnam Industrial Co., Ltd <http://www.kangnamglassfiber.com>

Saint-Gobain Quartz <http://www.sqquartz.com>

Polotsk "Stekloyolokno" <http://www.polotsk-ov.by>

Wellink Chemical Industry <http://www.wellinkchem.com>

Qingdao Diamond Silica Gel Co., Ltd. <http://www.silicagelproducts.com>

PO Corporation <http://www.pocorp.com>

China Silica Gel Trade Net <http://www.chinasilicagel.com>

Millennium Specialty Chemicals Colors and Silica <http://www.msc-sth.com>

Qingdao Meloao Chemical Co., Ltd <http://www.silica-gel.com>

Degussa AG <http://www.aerosil.com>

Chem Carb (India) <http://www.chemcarbindia.com>

China Trona Processing <http://chinatrona.com>

Qingdao Gulyuan Chemicals Co., Ltd. <http://www.silica-gelchina.com>

Sibelco <http://www.sibelco.ba>

Auburn Manufacturing Inc. <http://www.auburnmfg.com>

Microsilica New Zealand Limited <http://www.microsilica.co.nz>

CONSOREM

Silice – Producteurs/Distributeurs (Europe)

<p>S.C.R. SIBELCO Quellinstraat 49 B-2018 Antwerpen Belgium Tel: 32 3 223 88 11 Fax: 32 3 223 88 47 http://www.sibelco.be</p> <p>SAMSA-Silica and Moulding Sands Association: c/o QPA-Quarry Products Association 156, Buckingham Palace Road London SW1W 9TR Tel: 44 207 730 8194 Fax: 44 207 730 4356 website: http://www.qpa.org</p> <p>AGGREGATES INDUSTRIES UK LTD. Garalde Sands Eastern Way Bedfordshire LU7 9LF Tel: 44 1525 237911 Fax: 44 1525 237991 http://www.aggregateindustries.com</p> <p>BATHGATE SILICA SAND LTD Arclid Quarry, Congleton Road Sandbach Cheshire CW11 OSS U.K. Tel: 44 1270 76 20 02 Fax: 44 1270 76 05 57</p> <p>BUCBRICKS CO LTD Martell's Pit, Slough Lane Ardleigh Essex CO7 7RU U.K. Tel: 44 1206 23 07 70 Fax: 44 1206 23 07 47</p> <p>BURYTHORPE SILICA SAND PRODUCTS Burythorpe Silica Sand Quarry Malton North Yorkshire YO10 9LU Tel: 44 1853 858585 Fax: 44 1853 858533</p> <p>HANSON AGGREGATES UK LTD. 24 Teasall Drive Ely Cambridgeshire CB6 3WJ Tel: 44 7896 499298 Fax: 44 1353 645145</p> <p>JOHN WILLIAMS (CINETIC SAND) LTD CINETIC Quarries Widdmoor, Bromsgrove Worcs. B61 0QR U.K. Tel: 44 121 453 3121 Fax: 44 121 457 8556</p>	<p>MANSFIELD SAND CO LTD Sandhurst Avenue, Mansfield Nottinghamshire NG18 4BE U.K. Tel: 44 1623 822441 Fax: 44 1623 420904 http://www.mansfieldsand.co.uk</p> <p>TARMAC CENTRAL LTD Tunstead Quarry Wormhill Buxton Derbyshire SK17 8TG U.K. Tel: 44 1296 765555 Fax: 44 1296 768409 http://www.tarmac.co.uk</p> <p>WBS MINERALS LTD. Brookside Hall Congleton Road Sandbach, Cheshire CW11 0TR U.K. Tel: 44 1270 75 25 00 Fax: 44 1270 75 29 25 http://www.wbsminerals.com</p> <p>SNPSI-Syndicat National des Producteurs de Silice pour l'Industrie: 30, Av de Messine, F-75008 Paris, France Tel: 33 1 45 63 02 66, Fax: 33 1 45 63 81 54</p> <p>DENAIN ANZIN MINERAUX Quartz de Dordogne France Tel: 33 1 53 78 85 82 Fax: 33 1 43 59 71 16 http://www.dam-mineraux.fr</p> <p>QUARTZ D'ALSACE 13, rue de la Sablière F-67240 Kaltenhouse France Tel: 33 3 88 06 24 44 Fax: 33 3 88 06 24 39</p> <p>SAMIN 9, Square Watteau Boite Postale 4 F-62403 Courbevoie Cédex 03 France Tel: 33 1 49 81 98 48 Fax: 33 1 43 34 81 87</p> <p>SEMANAZ & Cie. 107 Canal du Rancy F-94388 Bonneuil Sur Marne France Tel: 33 1 43 39 52 00 Fax: 33 1 49 80 31 89</p> <p>SIFRACO 11, rue de Téhéran 75008 Paris France Tel: 33 1 53 76 82 31 Fax: 33 1 42 88 55 49 http://www.sifracofr</p> <p>SIKA S.A. MINERAUX SILICEUX DE SUD-EST Boite Postale 2 F-26730 Hostun France Tel: 33 4 75 05 81 00 Fax: 33 4 75 48 85 87</p> <p>SILMER B.P. 33, Rue Anceel de Cateau F-80410 Cayeux sur Mer Tel: 33 322 26 81 00 Fax: 33 322 26 59 24 http://www.silmer.fr</p>	<p>GRUPPO MINERALI Piazza Martiri della Libertà 4 I-28100 Novara Italy Tel: 39 0321 390251 Fax: 39 0321 391674 http://www.gruppominerale.com</p> <p>SIBELCO ITALIA Piazzale Farina 13 I-20125 Milano Italy Tel: 39 02 60 70 948 Fax: 39 02 60 71 062 http://www.sibelco-italia.it</p> <p>ELKEM ASA Hoffsvæien 65 B PO Box 5211 Majorstua N-0303 Oslo Norway Tel: 47 22 45 02 44 Fax: 47 22 45 04 95 http://www.elkem.com</p> <p>RADASAND AB Region Väst Rullagergatan 9 S-41528 Göteborg Sweden Tel: 46 31195200 Fax: 46 31195204 http://www.swerock.se</p> <p>-SIBELCO MINERALES Capuchinos de Basurto 65°B E- 48013 Bilbao (Vizcaya) Spain Tel: 34 94 435 64 80 Fax: 34 94 435 64 81</p> <p>SIBELCO ESPANOLA, S.A. Corcega, 293 E- 08008 Barcelona Spain Tel: 34 93 4167518 Fax: 34 93 4167403</p>
--	---	--

CONSOREM

Silice - Références

Amian, Sarkis G., and Robert L. Virta. Crystalline Silica Overview: Occurrence and Analysis. BuMines IC 9317/ 1992.

Murray, H. H. Occurrence and Uses of Silica and Siliceous Materials. Preprint from the Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. Littleton, Colorado, 1990.

Ceramic Industry, 1998, Silicon-based ceramics: Ceramic Industry, v. 148, no. 6, June, p. 48.

Chemical Market Reporter, 1998, Silica market continues steady growth: Chemical Market Reporter, v. 254, no. 17, October 26, p. 3.

Industrial Minerals, 1998a, Crystalline silica: Industrial Minerals, no. 367, April, p. 109-117.

Industrial Minerals, 1998b, Fillers are big business in plastics: Industrial Minerals, no. 375, December, p. 73

Industrial Minerals, 1998c, Synthetic minerals—Part 1: Industrial Minerals, no. 371, August, p. 45-55.

Industrial Minerals, 1998d, Synthetic minerals—Part 2: Industrial Minerals, no. 372, September, p. 57-67.

Industrial Minerals, 2000a, Nippon Silica supplies fuel-efficient tires: Industrial Minerals, no. 395, August, p. 11-12.

Industrial Minerals, 2000b, Written in sand—The world of specialty silicas: Industrial Minerals, no. 390, March, p. 49-59.

Paint and Coatings Industry, 1997, Cristobalite—A unique form of silica: Paint and Coatings Industry, v. 13, no. 8, August, p. 58-62.

Quartz Crystal. Ch. in Mineral Commodity Summaries, annual.

Silica Sand. Ch. in United States Mineral Resources, Professional Paper 820, 1973.

Ciullo, P.A., (ed.) 1996 -Industrial Minerals and their Uses, p. 632 <http://www.chemtec.org/books/book1-28.html>

Wypych, G., 2000 Handbook of fillers, p. 910 <http://www.chemtec.org/books/books1-7.html>

Jacob, H. L., Inventaire des gisements de minéraux industriels offrant un potentiel pour la production de charges minérales. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec. Mb 87-43.

Jacob, H. L., Guide pour la prospection des minéraux industriels au Québec. Ministère des Ressources naturelles du Québec, PRO 2000-07.

Harben, P. W., M. Kuzavart. Industrial minerals. A global geology. Industrials information ltd. Metal bulletin, PLC London, 462 pp.

Silice – Sites Internet

European Association of Industrial Silica Producers

<http://www.ima-eu.org/en/silindex.html>

USGS

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/silica/index.html#mcs>

Mineral Information Institute

<http://www.mii.org/Minerals/photosil.html>

Ressources naturelles Canada

http://www.nrcan.gc.ca/mms/cmvt/com_f.html

Feldspath – Propriétés physiques et chimiques

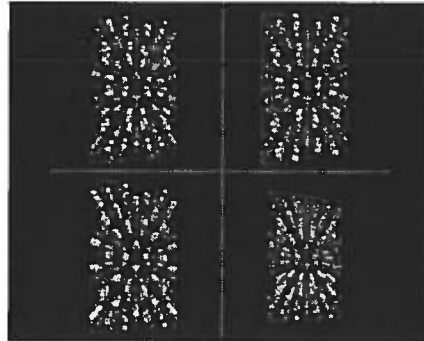
- **Nom:** Feldspath; famille de minéraux répartis en 3 pôles : potassique (orthose), sodique (albite) et calcique (anorthite);
- **Classe:** Tectosilicates
- **Système cristallin:** Monoclinique;
- **Formule:** Variable
- **Dureté: 6.5; Densité: 1**

- **Généralités:** Groupe de minéraux parmi les plus répandus dans l'écorce terrestre. On les classe en deux grand groupes: les feldpaths potassiques (orthose, microcline, sanidine) et les feldpaths calco-sodiques ou plagioclases (albite, oligoclase, andésine, labrador, bytownite et anorthite). Minéraux essentiels de la plupart des roches éruptives.
- **Minéraux associés:** très nombreux : la majorité des silicates courants
- **Forme:** habitus variables selon les espèces, souvent en cristaux aplatis à macles polysynthétiques (plagioclases) ou en prismes parallélépipédiques trapus (orthose)
- **Clivages:** facile et parfait **Classe cristalline:** 2/m
- **Fréquence:** les feldpaths sont des minéraux extrêmement répandus
- **Gisements:** composants essentiels de la quasi-totalité des roches volcaniques et plutoniques, et de nombreuses roches métamorphiques

Feldspath – Propriétés spécifiques

- Decroît la plasticité de la céramique
- À des températures élevées, dissout les argiles
- Le feldspath potassique est mieux que le feldspath sodique parce que'il dissout la silice plus rapidement
- Croît la résistance de la céramique à la corrosion

La structure des feldpaths



Feldspath - Images



Image macroscopique - albite

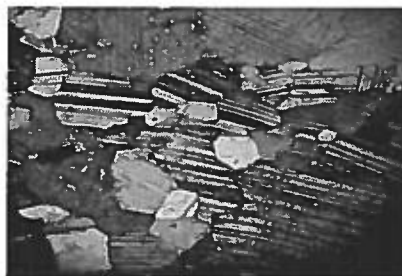


Image au microscope, LP

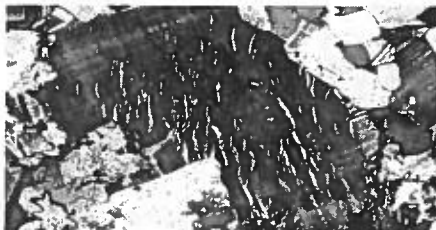


Image au microscope, LP

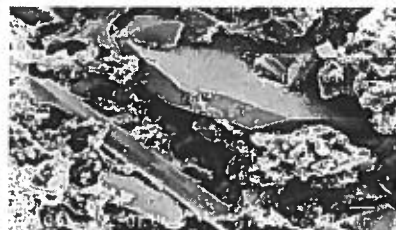


Image au microscope électronique

Feldspath – Utilisation et Substituts

UTILISATION

- On l'utilise dans les industries du verre et de la céramique et comme poudre de récurage. Dans le mélange utilisé dans la fabrication du verre les feldspaths sont les premiers à fondre. Ils vont digérer petit à petit l'ensemble des minéraux présents. Chimiquement, ils apportent de l'alumine qui va contribuer au lustre du verre.
- Fabrication des savons.
- Entre dans la fabrication de la céramique, de la porcelaine, des glaçures et des verreries.
- Comme minéral de charge dans les peintures, plastiques (surtout PVC)
- La fabrication des électrodes, pour la soudure, des abrasives

SUBSTITUTS

- Les substituts des feldspaths dans les industries du verre et de la céramique sont des matériaux qui ont les métaux alcalins associés à d'autres minéraux (ex.: le néphéline des syénites ou des phonolites). Dans d'autres applications (abrasives ou charge dans les peintures, les matériaux plastiques et le caoutchouc), les feldspaths peuvent être remplacés par la bauxite, corundum, diatomite, grenat, magnétite, néphéline, olivine, perlite, sable de silice, barytine, kaolin, mica, wollastonite, argiles, talc et pyrophyllite

Feldspath – Substituts possibles

Le feldspath pourrait être remplacé comme charge en céramique par:

- borates, mais la température de cuisson des glaçures est plus haute
- cèdre volcanique (pumice)
- silspar (un mélange de 70% feldspath et 30% quartz) qui peut être obtenu par le traitement direct des pegmatites (enlèvement du fer et autres éléments chimiques)
- Cornwall Stone (granite riche en feldspaths) à cause de sa basse teneur en Fe
- perlite (variété de vermiculite) qui contient assez de Na et de K et qui permet baisser le coût de fabrication des glaçures

Le feldspath pourrait être remplacé comme charge dans l'industrie du verre par:

- la consommation de feldspath va baisser à cause de 2 facteurs; 1) utilisation du plastique pour la fabrication des récipients; 2) le recyclage.

En conséquence, les produits synthétiques (les plastiques) seront les substituts principaux des feldspaths

Feldspath – Prix et Production mondiale

Prix (en \$ US/t)

	1998	1999	2000	2001	2002
Prix	50	49	56	55	56

Production mondiale (par pays, en tonnes métriques * 1000)

Pays	2001	2002
Italie	2 600	2 600
Turquie	1 200	1 200
États-Unis	800	820
France	650	650
Thaïland	550	700
Allemagne	450	450
Espagne	450	450
Mexique	350	350
Rép. Tchèque	300	400
Égypte	300	300
Autres	1 850	1 980
TOTAL	9 500	9 900

Feldspath - Québec

BUCKINGHAM

Plus de 120 gîtes de feldspath ont été exploités dans le comté de Buckingham entre 1920-1979. Source: Jacob, 1987



✦ En production

Feldspath- Producteurs

- **Argentine:** Piedra Grande S.A.M.I.C.A. y F;
- **Australie:** Imdex Limited; Industrial Minerals Australia Pty Ltd.; Manna Hill Mining Company Pty Limited; Minerals Corporation Limited; Unimin Australia Limited;
- **Belgique:** SCR-Sibelco SA;
- **Brésil:** Minerali do Brasil;
- **Bulgarie:** Kaolin AD; Vatiya Limited;
- **Canada:** Avalon Ventures Limited; South African Minerals Corporation (SAMC); Tantalum Mining Corporation of Canada (Tanco)
- **Republique tchèque:** Calofrig a.s. Borovany;
- **France:** Feldspaths du Montebrias; Société des Feldspaths du Morvan; Kaolins de Beauvoir;
- **Allemagne:** Amberger Kaolinwerke GmbH; BHS Tabletop AG; Gebrüder Dorfner GmbH & Co.; Gottfried Feldspath GmbH; Max Schmidt Feldspatwerke "Silbergrube" GmbH and Company; Naturstein und Mineralwerke Thüringen GmbH; Saarfeldspatwerke H. Huppert GmbH and Company KG;
- **Inde:** Ashapura Minechem Limited; Gimpex Limited; Mahavir Minerals Limited;
- **Italie:** Gruppo Minerali; Maffei SpA; Sibelco-Sasifo SpA; Silana Mineraria Srl; Veneta Mineraria SpA;
- **Mexic:** Grupo Materias Primas de Mexico; **Maroc:** Société Maroc Italienne Minerais de Tafrout SA;
- **Norvège:** A/S Norsk Feldspat Company; North Cape Minerals AS;
- **Pologne:** Borów Granite Mines Limited;
- **Portugal:** Felmica; Unimil Minerais Limitada; Unizel Minerais Limitada;
- **Russie:** JSC Apatit; RusAl;
- **Espagne:** Basazuri SL; Compania Minera de Rio Pirón; Industrias del Cuarzo SA; Llansá SA;
- **Thaïlande:** Asia Mineral Processing Co. Ltd.;
- **Turquie:** Çine Akmaden Madencilik AS; Esan Eczacıbasi Industrial Raw Materials AS; Kalemaden Endüstriyel Hammaddeler Sanayi ve Ticaret AS; Kaltun Madencilik Ticaret AS; Matel Hammaddeler Sanayi ve Ticaret AS (Matel); Toprak Madencilik Ticaret ve Sanayi AS Mining Company;
- **USA:** Azco Mining Incorporated; Feldspar Corporation; K-T Feldspar; Unimin Corporation

Feldspath - Références

- Bolger, R.B., 1995, Feldspar and nepheline syenite: *Industrial Minerals*, no. 332, May, p. 25-45.
- British Geological Survey, 2001, *World Mineral Statistics, 1995-99*: Keyworth, England, British Geological Survey, 306 p. plus appendix.
- Ceramic Industry, 2001, *Glass markets: Ceramic Industry*, v. 151, no. 9, August, p. 65-66.
- Grahl, C.L., 2001, *Sanitaryware markets: Ceramic Industry*, v. 151, no. 9, August, p. 47-49.
- Guillet, G.R., 1994, Nepheline syenite, in Carr, D.D., and others, eds., *Industrial minerals and rocks*, 6th ed.: Littleton, CO, Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc., p. 711-730.
- North American Minerals News, 2001, SAMC to develop 20,000 tpa feldspar operation: *North American Minerals News*, no. 77, October, p. 2.
- Rogers, W.Z., 2002, *Feldspar and nepheline syenite 2001*: *North American Minerals News*, no. 80, January, p. 8-12.
- Roskill Information Services Ltd., 1999, *The economics of feldspar*: London, Roskill Information Services Ltd., 214 p. plus appendices.
- Ciullo, P.A., (ed.) 1996 - *Industrial Minerals and their Uses*, p. 632 <http://www.chemtec.org/books/book1-28.html>
- Wypych, G., 2000 *Handbook of fillers*, p. 910 <http://www.chemtec.org/books/books1-7.html>
- Feldspar. Ch. in *Industrial Minerals and Rocks* (6th ed.), Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc., 1994.
- Jacob, H. L., *Guide pour la prospection des minéraux industriels au Québec*. Ministère des Ressources naturelles du Québec, PRO 2000-07.

Feldspath – Sites Internet

Industrial Minerals Association – North America

http://www.ima-na.org/about_industrial_minerals/feldspar.asp

Les rapports Roskill

<http://www.roskill.com/reports/feldspar>

La minéralogie des feldspaths

<http://www.mindat.org/min-1624.html>

The European Association of Feldspar Producers

<http://www.ima-eu.org/en/felindex.html>

Mineral Information Institute

<http://www.mii.org/commonminerals.php#felds>

Ressources naturelles Canada

http://www.nrcan.gc.ca/mms/cmv/com_f.html

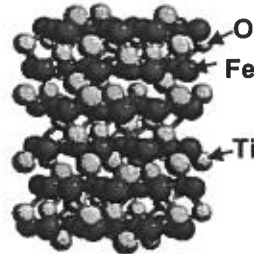
Dioxyde de Titane – Propriétés physiques et chimiques

- Nom: Ilménite; Classe: Oxydes; Formule: $FeTiO_3$** (une partie de Fe peut être substitué par Mg et Mn ; peut également contenir des quantités limitées de Fe^{3+} (jusqu'à 6% de Fe_2O_3); **Durété:** 5.5; **Densité:** 4.72 g/cm^3 ; **Système cristallin: Rhomboédrique** a: 5.088 Å, c: 14.092 Å; alpha: 90°, gamma: 120°, Z: 6; **Classe cristalline:** -3
- Généralités:** L'ilménite est un minéral accessoire commun dans les roches magmatiques basiques (gabbros, diorites), dans les gneiss et les granulites, ainsi que dans les gisements de fer-titane d'origine magmatique, dans les filons métallifères, les pegmatites et les gisements alluvionnaires. En tablettes épaisses à faciès rhomboédrique, parfois lamellaire. Habituellement en inclusions informes, rarement en masses compactes granulaires, également en agrégats et en lamelles micacées. Opaque. Éclat submétallique. Couleur noir de fer ou gris acier. Poussière noire, parfois faiblement magnétique.
- Minéraux associés:** minéraux de fer et de titane, silicates ferromagnésiens: Hématite Magnétite Pyrrhotite Rutile Spinelle
- Forme:** cristaux tabulaires épais pseudo-cubiques, plus rarement rhomboédriques, lamelles micacées, massif
- Clivages:** cassure suivant (00.1) et (10.1)
- Fréquence:** minéral très fréquent
- Gisements:** en ségrégation dans les roches éruptives basiques (norites) et dans les placers qui en dérivent, dans certains filons hydrothermaux de haute température
- Nom: Rutile; Classe: Oxydes; Formule: TiO_2** (peut contenir en poids d'oxyde jusqu'à 30% de Fe^{3+} , 36% de Ta (variété strôvrite) et 33% de Nb (variété ilménorutile) ; Sn peut être présent (jusqu'à 1,3% en poids d'oxyde), ainsi que des traces de Cr et V); **Durété:** 6.20; **Densité:** 4.23 g/cm^3 ; **Système cristallin: Quadratique**; a: 4.594 Å, c: 2.959 Å; alpha: 90°; Z: 2; **Classe cristalline:** 4/m2/m2/m
- Généralités:** Le rutile est le plus commun des oxydes de titane. C'est le polymorphe quadratique de l'anatase et de la brookite. Ce minéral primaire se forme à haute température et se rencontre principalement dans certaines roches métamorphiques (quartzites, cipolins), dans les pegmatites et les fentes alpines. De couleur brun-rougeâtre, parfois jaune, il forme des cristaux allongés à aciculaires selon [001] aux faces du prisme fréquemment striés. Il est très souvent maculé (macles cycliques ou groupements de cristaux réticulés donnant dans ce dernier cas, la variété sagénite). Le rutile se rencontre aussi en association épitaxiale avec l'hématite.
- Minéraux associés:** nombreux, varient en fonction du contexte: Hématite Ilménite Limonite Maghémite Magnétite Titanite
- Forme:** cristaux prismatiques, souvent allongés, parfois aciculaires, macle en genou fréquente*
- Clivages:** net (110) et (100), trace (111)
- Fréquence:** minéral très fréquent
- Gisements:** roches éruptives (des granites jusqu'aux anorthosites) et métamorphiques (quartzites, gneiss, calcaires), skarns, filons hydrothermaux, sables et placers

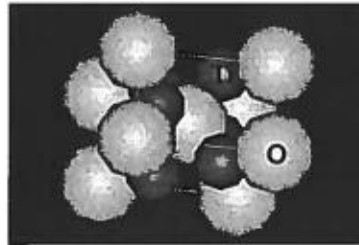
Dioxyde de Titane – Propriétés spécifiques

- Le titane se retrouve dans: anatase, brookite, ilménite, leucoxène, perovskite, rutile, et sphène. Seulement l'ilménite, le rutile et le leucoxène ont une importance économique. L'ilménite représente ~ 90% de la consommation mondiale de titane.
- ~ 95% de titane est consommé sous la forme de dioxyde de titane (TiO₂). L'oxyde de titane se présente comme une poudre blanche impalpable, sans odeur, sans saveur, insoluble dans l'eau et les acides dilués. Il est principalement utilisé comme opacifiant dans la fabrication des enveloppes des capsules. Il entre aussi dans la composition des pommades.
- **Le plus fort pigment blanc connu**
- **Indice réfractaire très élevé**
- **Brillance**
- **Une constante diélectrique modérément élevé (~ 90)**

La structure de l'ilménite



La structure du rutile



CONSOREM

Dioxyde de Titane - Images

Ilménite

Rutile inclusions in epidote. Note strong reddish brown colour and high relief!

Rutile

Rutile pigment

ilm hem ilm hem

Rutile

Dioxyde de Titane – Utilisation et Substituts

UTILISATION

- Environ 95% de la production de titane est utilisée sous la forme du dioxyde de titane (TiO₂). Le dioxyde de titane est un pigment très utilisé en peinture. Il est caractérisé par sa pureté, par l'indice de réflectivité, par la dimension des particules (entre 0,2 et 0,4 micromètres) et par les propriétés de la surface. Il a supplanté les pigments blancs anciennement utilisés: le blanc de zinc (ZnO), le blanc de plomb ou céruse (2PbCO₃, Pb(OH)₂) Il représente environ les trois quarts de la production mondiale de pigments minéraux synthétiques, devant les oxydes de fer (pigments rouge, noir et jaune), le noir de carbone et le jaune de chrome.
- Agent opacifiant dans les papiers.
- Couverture des électrodes de soudure à l'arc.
- Agent de polissage doux : pour automobiles.
- Support de catalyseurs et catalyseur photochimique, en particulier pour la purification de l'air.
- Écrans solaires.
- Dans la fabrication du titanate de baryum, céramique ayant les propriétés d'une thermistance (résistance à coefficient de température positif), utilisée comme élément chauffant de petits appareils électroménagers. Sa résistance augmentant avec la température, lorsque la température voulue est atteinte, la résistance est suffisante pour empêcher le passage du courant électrique et ainsi arrêter le chauffage.
- La détection de faux en peinture peut être réalisée par l'étude de la nature des pigments blancs (la présence de TiO₂ implique que le tableau a été peint après 1920).

SUBSTITUTS

- TiO₂ peut être remplacé comme pigment en peinture par des carbonates de Ca (GCC), kaolin, talc, ilménite, leucoxène ou rutile synthétique.

Dioxyde de Titane – Substituts possibles

Le dioxyde de titane est utilisé comme charge dans l'industrie du papier à cause de son indice de réflectivité très élevé et de sa opacité. Présentement, il n'y a aucun autre matériel qui peut le remplacer comme charge minérale dans le papier.

Dans le future, l'anatase et le perovskite pourraient remplacer partiellement le rutile et l'ilménite comme source de dioxyde de titane

Le dioxyde de titane pourrait être remplacé comme charge en peinture par:

- kaolin, carbonate de Ca (GCC et PCC) et talc, qui réduisent le coût et la quantité nécessaire de pigment de TiO₂

- wollastonite réduit la consommation de pigment de TiO₂, améliore la résistance aux conditions météorologiques, renforce la pellicule de peinture

- autres extenseurs; ex.: rhodoxane (un silico-aluminate de Na synthétique)

- TiO₂ n'a pas des propriétés anti-corrosives. Parmi les matériaux anti-corrosifs qui peuvent s'ajouter au TiO₂ en peintures sont les borates (le métaborate de baryum), les phosphates (de Zn et d'Al), les silicates (borosilicate de Ca, phosphosilicate de Ba) et les molybdates.

Indice réflectivité

▶ TiO ₂ (Rutile)	2.70
▶ TiO ₂ (Anatase)	2.55
▶ CaCO ₃	1.66
▶ ATH (Alumina)	1.57
▶ Clay	1.57
▶ Starch	1.57
▶ Fibers	1.53
▶ Water	1.30

CONSOREM

Dioxyde de Titane – Prix et Production mondiale

Prix (en \$ US/t)

Prix	1998	1999	2000	2001	2002
Ilménite (84% TiO2)	77	98	94	100	93
Rutile (en vrac)	500	473	485	475	450
Scorie					
- Sorel (Québec) (80% TiO2)	338	390	362	335	344
- Richards Bay (Afrique du Sud) (85% TiO2)	365	406	425	419	432
Pays	2001	2001	Production mondiale (par pays, en tonnes métriques * 1000)		
Ilménite					
Australie	1 180	1 100			
Afrique du Sud	950	950			
Canada	950	950			
Norvège	338	360			
États-Unis	300	300			
Autres	902	860			
TOTAL Ilménite	4 600	4 500			
Rutile					
Australie	225	220			
Afrique du Sud	110	105			
Ukraine	56	56			
Autres	19	19			
TOTAL Rutile	410	400			

CONSOREM

Dioxyde de titane - Producteurs

- **Producteurs:**
- **Australie:** Iluka Resources Limited; Cable Sands (WA) Pty Ltd; Tiwest Joint Venture; Murray Basin Titanium; Mineral Deposits Ltd; The Murray Basin;
- **Brésil:** Millennium Chemicals; Vale Fosfertil
- **Canada:** QIT-Fer et Titane Inc; Titanium Corporation Inc; Chile;
- **Chine:** Panzihua Iron & Steel; Hainan Island; Yunan; Guangxi;
- **Allemagne:** Kronos Titan GmbH; Kerr-McGee Chemical Corporation; Sachtleben Chemie GmbH; **Guinea;**
- **Inde:** Beach Minerals; Cochin Minerals and Rutile (CMRL); Dharangadhra Chemical Works (DCW) Limited; Heubach; Indian Rare Earths; Kerala Minerals and Metals Limited; Vetri Vel Minerals; WGI Heavy Minerals Inc;
- **Japon:** Ishihara Sangyo Kaisha (ISK); Sakai Chemical Industry; Tayca Corporation; Fuji Titanium; Titan Kogyo KK; Furukawa Co Limited;
- **Malawi:** Millennium Mining Ltd;
- **Malaysia:** Ilmenite production; TOR Minerals (M) Sdn Bhd;
- **Mozambique:** Moma Project; Corridor Sands; Moebase; Rio Tinto Iron & Titanium;
- **Norvège:** Titania A/S; Tinfos Titan and Iron KS;
- **Sierra Leone:** Sierra Rutile Limited;
- **Afrique du Sud:** Richards Bay Minerals (RBM); Namakwa Sands Limited; Tisor South Africa;
- **Taiwan:** E I DuPont de Nemours & Co, Inc; ISK Taiwan Co;
- **UK:** Huntsman Tioxide; Millennium Chemicals;
- **Ukraine:** Volnogorsk State Mining and Metallurgical Combine; Irshinsky Mining and Beneficiation Combine; Krymsky Titan; Agrochim;
- **USA:** E I DuPont de Nemours & Co Inc; Iluka Resource Inc; P W Gillibrand; Kerr-McGee Chemical Corporation (KMCC); E I DuPont de Nemours & Co, Inc; Millennium Chemicals; Kerr-McGee Chemical Corporation (KMCC); Kronos Inc/Huntsman Tioxide; TOR Minerals International;

Dioxyde de titane - Québec

MINE DU LAC TIO

Gls. de fer et titane dans des anorthosites
 Teneur: 34,20 % TiO₂, 27,50 % FeO,
 25,20 % Fe₂O₃, 4,30 % SiO₂,
 3,50 % Al₂O₃, 0,90 % CaO, 3,10 % MgO,
 0,10 % Cr₂O₃, 0,41 % V₂O₅ (composition
 moyenne).
 Tonnage réserves: 80 000 000 t
 Source - COGITE

EVERETT (LAC PUYJALON)

Teneur : 9,75 % TiO₂, 16,20 % Fe, 4,0 % P₂O₅.
 Le gisement contient beaucoup d'hématite liée
 étroitement à l'ilménite, ainsi qu'une présence
 notable d'apatite. La minéralisation massive et
 disséminée est incluse à l'intérieur d'une
 anorthosite.
 Source - SIGEOM

KEGASHKA

Des quantités variables d'ilménite,
 de magnétite et de zircon sont présent dans
 des sables fertiles non consolidés
 d'anciennes plages.
 Réserves : 8 868 000 m² de sable minéralisé
 brut par mètre de profondeur.

Source - SIGEOM



✦ En production

● Non-exploités

Dioxyde de Titane - Références

Titanium Mineral Resources of the United States—Definitions and Documentation, 1984—Contributions to the Geology of Mineral Deposits: Bulletin 1558-B.

Titanium, 1973 - Ch. in *United States Mineral Resources*, Professional Paper 820 p.

Titanium. Ch. in *Metal Prices in the United States through 1998*, 1999.

Titanium, 1988 - *International Strategic Minerals Inventory Summary Report*, Circular 930-G, 1988.

Ciullo, P.A., (ed.) 1996 - *Industrial Minerals and their Uses*, p. 632 <http://www.chemtec.org/books/book1-28.html>

Wypych, G., 2000 *Handbook of fillers*, p. 910 <http://www.chemtec.org/books/books1-7.html>

Force, E.R., 1991 - *Geology of Titanium - Mineral Deposits*, Geol. Soc. America Spec. Paper 259, 112 p.

Harben, P.W., 1995 - *Titanium Minerals in The Industrial Minerals Handybook*, 2nd edition, Industrial Mineral Information Ltd., London, pp. 187-192.

Harben, P.W., Kuzvart, M., 1996 - *Industrial Minerals - A Global Geology*. Industrial Minerals; Information Ltd., London, 462 p.

Altair TiO₂ Process to Green Pigment Industry, *North American Minerals News*, June 2002, p. 16.

Crossley, P., Agalmatolite, a Titanium Dioxide Substitute in Brazil, *Industrial Minerals*, August 2001, pp. 39-40.

Exceptional Demand for Ultra-Fine TiO₂, *Performance Chemicals Europe*, February 17, 2002, p. 23.

Talkin' TiO₂, *Industrial Minerals*, March 2002, pp. 32-35.

Linak E, Kishi A., Schlag, S - 2002 *Titanium Dioxide*, CEH Report, <http://ceh.sric.sri.com/Public/Reports/788.5000/>

Heap, A. 1996: *Titanium*. Pp. 71-72 in: *Metals & minerals annual review*, 1996. Mining Journal Ltd.

Gambogi, J.M. 1997: *Titanium*. 1997 Annual Commodities Review Issue. *Engineering & Mining Journal March 1997*: 56-58.

Towner, R.R.; Gray, J.M.; Porter, L.M. 1988: *International strategic mineral inventory summary report - Titanium*. U.S. Geological Survey circular 930-G.

Dioxyde de Titane – Sites Internet

International Titanium Association

<http://www.titanium.org/>

Association Titane (France)

<http://www.titane.asso.fr/>

USGS

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/titanium/index.html#mis>

Mineral Information Institute

<http://www.mii.org/Minerals/phototitan.html>

Ressources naturelles Canada

http://www.nrcan.gc.ca/mms/cmty/com_f.html

Industrial Minerals 2002

http://me.smenet.org/200306/pdf/min0306_15.pdf

Sino-American Pigment Systems, Inc.

http://www.tryline.com/sino2/sino_data.htm

Zéolites – Propriétés physiques et chimiques

- **Nom:** Zéolites (terme générique); **Classe:** Tectosilicates; **Formule:** Il y a environ 40 de zéolites naturels; les plus communs sont: l'analcime, la chabasite, la clinoptilolite, l'érieronite, la ferrierite, l'heulandite, la laumontite. Plus de 150 zéolites ont été synthétisés: les plus communs sont les zéolites A, X, Y et ZMS-5; **Classe cristalline:** -1 **Dureté:** 4.5;
- **Système cristallin:** Triclinique; a: 0 Å; b: 0 Å; c: 0 Å; alpha: 0°; beta: 0°; gamma: 0°; Z: 6
- **Généralités:** Les zéolites constituent une famille d'aluminosilicates hydratés principalement de Na, K, et Ca et accessoirement de Ba, Sr et Mg dont le rapport (Ca, Na₂, K₂)/Al₂O₃ est toujours égal à 1. Structuralement, ce sont des tectosilicates dont la charpente tridimensionnelle a pour particularité commune de laisser entre les tétraèdres SiO₄, des canaux plus ou moins large où se rencontre l'eau et les gros cations. Les minéraux du groupe des zéolites sont généralement peu colorés et ont une densité ainsi qu'une dureté faibles. Les zéolites se forment dans des milieux riches en eau et dans des conditions de pression et température faibles et résultent de l'altération d'autres silicates (feldspaths et feldspathoïdes principalement). D'après leur morphologie on distingue généralement 3 grandes familles de zéolites : Zéolites allongées : thomsonite, mésotype, .. Zéolithes pseudo-cubiques: analcime, phillipsite, chabasite, gmélinite... Zéolithes à clivage nacré: stilbite, heulandite...
- **Minéraux associés:** les différentes espèces de zéolites sont habituellement associées dans leurs gisements
- **Forme:** généralement en beaux cristaux dont les formes varient selon l'espèce considérée
- **Clivages:** non observé
- **Fréquence:** minéral très commun
- **Gisements:** cavités des roches volcaniques basiques, filons hydrothermaux, plus rarement dans certaines roches sédimentaires

Zéolites – Propriétés spécifiques

- Fort degré d'hydratation (exothermique) et, de manière réversible, de déshydratation (endothermique);
- Grand volume poral (capacité d'adsorber jusqu'à 30 % de leur poids sec);
- Propriétés d'échanges cationiques les plus élevés parmi les minéraux; Les zéolites les plus recherchées pour leur capacité d'adsorption et d'échange cationique sont la chabasite, la clinoptilolite, l'heulandite, la phillipsite, la mordenite, l'érieronite et accessoirement l'analcim
- Propriétés catalytiques;
- Adsorption des gaz et des vapeurs;
- Conductivité électrique;
- Grande stabilité thermique (jusqu'à 700-800 °C).

La structure de la chabasite



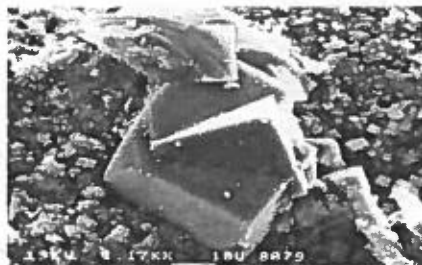
Zéolites - Images



Image macroscopique - chabasite



Image macroscopique - clinoptilolite



Chabasite -Image au microscope électronique

Zéolites – Utilisation et Substituts

- **UTILISATION**

- ▶ en agriculture pour l'amendement des sols, comme support d'engrais et de produits phytosanitaires;
- ▶ dans l'agro-alimentaire, elles sont mélangées à l'alimentation animale (effet bénéfique pour l'appareil digestif, la croissance et le squelette osseux); neutralisation des odeurs des litières et des déjections animales;
- ▶ dans la protection de l'environnement pour le traitement des effluents urbains, agricoles, industriels et miniers (piégeage des métaux lourds, des radionucléides des centrales nucléaires, de l'ammonium);
- ▶ dans le bâtiment, avec les tufs zéolitiques (faible densité, bonne isolation thermique et acoustique) et pour la fabrication de granulats expansés;
- ▶ dans l'industrie papetière, pour l'amélioration de la brillance et de la finesse du papier;
- ▶ dans le domaine de l'énergie, pour la purification du gaz naturel et l'absorption et la restitution de la chaleur solaire pour la production d'eau chaude et d'air conditionné.
- ▶ industrie chimique (échanges d'ions, par exemple dans les adoucisseurs d'eau) pétrochimique (séparation des hydrocarbures)

- **SUBSTITUTS**

- Présentent les seuls substituts pour les zéolites naturels sont les zéolites synthétiques

Zéolites – Substituts possibles

Grâce à leur structure cristallographique, les zéolites présentent des propriétés uniques parmi les minéraux: fort degré d'hydratation (endothermique) et, de manière réversible, de déshydratation (exothermique); grand volume poral (capacité d'adsorber jusqu'à 30 % de leur poids sec); propriétés d'échanges cationiques les plus élevés parmi les minéraux; propriétés catalytiques; adsorption des gaz et des vapeurs; conductivité électrique; grande stabilité thermique (jusqu'à 700-800 °C).

À cause de ces propriétés spécifiques, les zéolites naturels ne peuvent pas être remplacés comme charge minérale que par des zéolites synthétiques. La seule exception: le sulfate de Na naturel (très blanc, non corrosif et neutre chimiquement) ou synthétique (bas prix)

Zéolites – Prix et Production CONSOREM

Prix (en \$ US/t*)

	1998	1999	2000	2001
Prix	30 - 120	30 - 120	30 - 120	70 - 300

en fonction de granulométrie

Production mondiale (par pays, en tonnes métriques * 1000)

Pays	2000	2001
Chine	2 500	2 500
Cuba	500	600
Japon	150	150
États-Unis	42	39
Hongrie	15	15
Slovaquie	12	12
Géorgie	6	6
Canada	4	4
Italie	4	4
Bulgarie	2	2
Autres	265	168
TOTAL	3 500	3 500

CONSOREM

Zéolites - Producteurs

- Zéolites naturels

Australie: Zeolite Australia Ltd; **Canada:** Canmark International Resources Inc.; Highwood Resources Ltd.; Industrial Mineral Processors; W-Way Zeolites; **Indonésie:** Dwijaya Perkasa Abadi; Eastmet Ltd; Icon Enterprises Limited; **Japon:** Nippon Kasseihakudo Co. Ltd.; Nitto Funka Kogyo K.K.; Sun Zeolite Industry Co. Ltd.; Zeiklite Chemical and Mining Co. Ltd.; **Jordanie:** Green Technology Corporation; Jordan Cement Factories Company; **Turquie:** Zeolitas Turizm Yapi Ticaret ve Sanayi AS.; **Ukraine:** Perspektiva; Zatsiyansky Chemical Plant JSC; **USA:** Adwest Minerals International Ltd; Agricola Metals Corporation; American Absorbents Natural Products Inc.; Badger Mining Corporation.; Bear River Zeolite; GSA Resources; Molten Co; National Zeolite Industries Inc; St. Cloud Mining Co; Steelhead Speciality Minerals; Teague Mineral Products; UOP; Victor Industries Inc; Zeo Inc; Zeotech Corp.;

- Zéolites synthétiques

Brésil: Akzo Chemie BV; INEOS Silicas Brasil Ltda; **Canada:** Engelhard Corporation; WR Grace and Co.; **Allemagne:** Akzo-PQ Silica; Chemische Fabrik Silicium; Degussa-Hüls AG; Grace & Co.; Henkel KGaA; Hoechst Aktiengesellschaft; Lurgi Oel Gas Chemie; Sud-Chemie; UOP; **Inde:** Chemicals India; Henkel SPIC; National Aluminium Co.; **Italie:** Ausidet; Birac Enterprise; INEOS Silicas Italia Spa; Laviosa-Rhône-Poulenc Spa; **Japon:** Asahi Chemical Co.; Catalysts and Chemicals Industries Co.; Kanto Chemical Co. Inc.; Kao Corp.; Mizusawa Industrial Chemicals Ltd.; Mobil Catalysts Corp. of Japan; Nippon Builder Co. Ltd.; Nippon Chemical Industrial Co. Ltd.; Shinanen New Ceramics Corp.; Sud-Chemie Catalysts Inc Japan; Sumitomo Aluminium Smelting Co.; Taki Chemicals Co.; Toray Industries Inc.; Tosoh Corp.; Union Showa K.K.; **Pays-Bas:** Akzo-PQ Silica; Dow Chemical; Engelhard; INEOS Silicas Netherlands BV; Zeolyst International; **Pologne;** **Slovenie;** **South Africa;** **Spain:** FMC Foret S.A.; Quimicas del Ebro; Rio Rodano SA; **Thaïlande:** PQ HACO Chemicals; Thai Silicate Chemicals; **UK:** INEOS Silicas Limited; Laporte Inorganics; **USA:** Akzo Nobel; Albemarle Corp.; Atofina; Criterion Catalyst Company; Engelhard Corp.; WR Grace & Co.; Industrial Zeolite; INEOS Silicas Americas LLC; Mobil Research and Development Corp.; PQ Corp.; UOP; Zeochem USA.; Zeolyst International; US sodium silicate manufacturers

Zéolites - Québec

LE MONT DE BABEL

La forme de cet indice de zéolite, ses dimensions et son attitude demeurent inconnues. La roche encaissante est une anorthosite à proximité d'un monzonite.
Teneur : 30 % de thomsonite (maximum). La minéralisation consiste en analcime, thomsonite et chabazite.
Source: SIGEOM



● Non-exploités

Zéolites - Références

- Ciallo, P.A., (ed.) 1996 - Industrial Minerals and their Uses, p. 632 <http://www.chemtec.org/books/book1-28.html>
- Wypych, G., 2000 Handbook of fillers, p. 910 <http://www.chemtec.org/books/books1-7.html>
- Zeolites. U.S. Geological Survey (U.S. Bureau of Mines prior to 1996), Minerals Yearbook, annual.
- Desborough, G.A., 1994, Capture of copper, lead, and zinc by the zeolite-clinoptilolite in metal-polluted drainages of Colorado: *in* USGS research on mineral resources, Carter, L. M. H., Toth, M. I., Day, W. C., eds., 1994; Part A, Program and abstracts, C 1103-A, p. 27, Ninth V. E. McKelvey forum on mineral and energy resources, Tucson, AZ, United States, Feb. 22-25, 1993.
- Desborough, G.A., 1996, Some chemical and physical properties of clinoptilolite-rich rocks: U.S. Geological Survey Open File Report 96-265, 7 p.
- Desborough, G.A., 1996, Nitrogen-loading capacities of some clinoptilolite-rich rocks: U.S. Geological Survey Open File Report 96-661, 17 p.
- Desborough, G.A., 1996, Potential use of clinoptilolite-rich rocks for capture and retention of soluble lead in aqueous systems such as soils, contaminated drainages, and waste water: U.S. Geological Survey Open File Report 96-715, 14 p.
- Desborough, G.A., 1996, Clinoptilolite-rich rocks in agricultural use for soil amendment and potential nitrogen-pollution mitigation: U.S. Geological Survey Open File Report 96-65, 32 p.
- Gilbert, J.S., O'Meara, P.M., Crock, J.G., Wildeman, T.R., Desborough, G.A., 1999, Adsorption capabilities of selected clinoptilolite-rich rocks as it relates to mine drainage remediation: U.S. Geological Survey Open File Report 99-17, 50 p.
- Sheppard, R.A., 1991, Descriptive model of sedimentary zeolites: deposit subtype, zeolites in tuffs of saline, alkaline-lake deposits: *in* Some industrial mineral deposit models; descriptive deposit models, Orris, G. J., Bliss, J. D., eds., U.S. Geological Survey Open File Report 91-11-A, p. 16-18.
- Sheppard, R.A. and Sheppard, E.W., 1993, Bibliography on the occurrence, properties, and uses of zeolites from sedimentary deposits, 1985-1992: U.S. Geological Survey Open File Report 93-570-A, 102 p.
- Clifton, R.A., 1987, Natural and synthetic zeolites: U.S. Bureau of Mines Information Circular 9140, 21 p.
- Industrial Minerals, 1980, Zeolites: Industrial Minerals, no. 169, February, p. 21-38.
- ——— 1987, Zeolites cleaning up: Industrial Minerals, no. 232, January, p. 19-33.
- ——— 1995, Natural zeolites: Industrial Minerals, no. 339, December, p. 40-53.
- Mumpton, F., ed., 1977, Mineralogy and Geology of Natural Zeolites: Mineralogical Society of America, Short Course Notes, v. 4, November, 233 p.
- Pond W.G. and Mumpton, F.A., eds., 1984, Zeo-Agriculture: Westview Press, Boulder, 1984, 296 pp.
- Ming, D.W. and Mumpton, F.A., eds., 1993, Natural Zeolites >93: International Committee on Natural Zeolites, Brockport, 622 p.
- Roskill Information Services, 1995, The Economics of Zeolites, 4th ed: Roskill Information Services, London, 100 p.
- Sheppard, R.A. and Mumpton, F.A. 1981, Zeolites from sedimentary rocks: Clays and Clay Minerals, v. 29, no. 5, p. 321-412.
- Society for Mining, Metallurgy, and Explorations, 1994, Zeolites: Ch. *in* Industrial Minerals and Rocks, 6th ed., D. Carr, ed., Society for Mining, Metallurgy, and Explorations, Inc., Littleton, 1129-1158.
- Zeolites. Review *in* Mining Engineering magazine, annual.
- Verified Syntheses of Zeolitic Materials, 2001, 2nd edition, H. Robson (editor) and K.P. Lillerud (XRD Patterns), Amsterdam: Elsevier.
- Mumpton, F.A. 1983: Commercial Utilization of Natural Zeolites; *in*; Industrial Minerals, American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers Inc., New York, pages 1418-1431.

Zéolites – Sites Internet

CONSOREM

Zéolites – usage

http://www.peterharben.com/industrial_minerals_uses.htm

<http://www.s-s-m.com/Industrial.htm>

USGS:

<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/zeolites/zeomvb01.pdf>

Laumontite - usage

<http://www.magicmineral.com/>

Mining Engineering – Les minéraux industriels 2002

http://me.smenet.org/200306/pdf/min0306_02.pdf

La minéralogie des zéolites

<http://mineral.galleries.com/minerals/silicate/zeolites.htm>

International Committee on Natural Zeolites

http://icnz.lanl.gov/site_list.html

International Zeolite Association

<http://www.iza-online.org/>

Les rapports Roskill

<http://www.roskill.com/reports/zeolites>

Groupe Français des Zéolithes

<http://www.gfz.ensem.fr/>

Utilisation des minéraux non métalliques au Canada

CONSOREM

L'UTILISATION DÉCLARÉE DES MINÉRAUX NON MÉTALLIQUES AU CANADA

		1997	1998	1999	2000	2001
Barytine	t	11 765	16 206	15 161	16 062	27 517
Calcaire	t	18 373 007	19 054 704	20 638 907	21 056 502	20 930 441
Calcite	t	323 556	416 070	436 316	468 812	468 153
Dioxyde de titane	t	54 232	59 535	61 482	59 846	51 140
Feldspath	t	1 578	1 588	1 090	1 186	541
Kaolin	t	479 083	570 483	635 104	711 128	651 961
Mica	t	3 334	3 606	3 692	3 994	3 865
Silice	t	2 518 704	2 735 196	2 973 108	2 870 468	2 648 111
Talc, stéatite, pyrophyllite	t	84 991	82 696	75 815	78 821	80 780

Source : Ressources naturelles Canada.