

# Silice

---

**Michel Dumont**

L'auteur travaille au Secteur des minéraux et des métaux, Ressources naturelles Canada.  
Téléphone : (613) 995-2917  
Courriel : mdumont@rmcan.gc.ca

## RÉSUMÉ

Selon les rapports des utilisateurs, les données provisoires disponibles indiquent que la quantité de silice utilisée par le Canada se chiffrait à 2,7 Mt en 1999, soit une légère diminution de 27 088 t par rapport à l'année précédente. Selon les données des sociétés recueillies à ce jour, la production était évaluée à 40,8 millions de dollars en 2000, ce qui représente une légère diminution de 4,2 % par rapport à la valeur de 41,3 millions de dollars en 1999. En 2000, les importations ont atteint presque 102,9 millions de dollars, soit une augmentation de 8,3 % par rapport à celles de 1999 (95,0 millions de dollars). La valeur des exportations en 2000 a dépassé les 6,9 millions de dollars, ce qui représente un accroissement de 16,9 % par rapport à la valeur de 5,9 millions de dollars de l'année précédente (tableau 1).

On peut observer le fléchissement de la quantité de silice utilisée dans tous les secteurs industriels qui sont des consommateurs importants de silice (tableau 3). En 1999, les principaux secteurs consommateurs étaient, par ordre d'importance, ceux du verre de première fusion et des contenants en verre, et de la laine de fibre de verre (24,4 %), celui de la fusion et de l'affinage des métaux non ferreux (18,7 %) et celui des fonderies (11,3 %). Venaient ensuite les secteurs des produits chimiques (2,3 %) et des abrasifs (1,9 %). La valeur combinée de tous les autres secteurs consommateurs représentait 41,4 % de la quantité totale de silice utilisée. Le sable compte pour 54,2 % de l'utilisation de silice, la silice en gros morceaux, pour 42,3 %, et la farine de silice, pour 3,5 % (tableau 4).

Au cours de la dernière décennie, la verrerie a connu une période de rationalisation et de consolidation. C'est dans ce climat que des nouvelles relations

d'entreprises ont été forgées, afin de répondre à la vive concurrence que représentent les produits en aluminium, ceux composés de polyéthylène téréphtalate (PET) et d'autres plastiques, ainsi que les contenants en papier. Ces produits ont certainement eu des répercussions sur la production et l'offre des marchés locaux, particulièrement ceux qui sont situés près de la frontière Canada-États-Unis. Le sable siliceux industriel est aussi une des matières premières de base qui sont utilisées dans les fonderies. Le sable de fonderie constitue un élément important des applications du sable siliceux et des applications métallurgiques. Le sable siliceux fait partie des composants du procédé de fonte des métaux – un procédé que pratiquement toutes les industries emploient pour fabriquer la plupart des moules et des noyaux.

## PRIX

Le numéro de janvier 2001 du *North American Minerals News* rapportait que les prix du sable siliceux (en usine, aux États-Unis) [prix exprimés en dollars la tonne, franco à bord à l'usine] se situaient entre 12 et 25 \$ pour le sable de fonderie, sec et en vrac, et entre 14 et 26 \$ pour le sable de verrerie. Le numéro de juillet 2000 du *Mineral PriceWatch* indiquait une hausse récente des prix du sable siliceux, attribuable aux coûts de production plus élevés, qui a entraîné une utilisation moins importante des matières premières. Le *Mineral PriceWatch* signalait aussi que des représentants de l'industrie avaient impliqué que des hausses de prix étaient peu probables au cours du second semestre de 2000.

## COMMERCE

Dans son rapport publié en 1992 et intitulé *The Economics of Quartz*, Roskill Information Services Ltd. estimait que l'utilisation mondiale de silice, sous différentes formes, était de quelque 10 milliards de tonnes par année.

Ce fait représente à la fois un stimulant et un facteur de possibilités de commerce. Cependant, bien que la production canadienne ait été de 1,5 Mt de silice en 2000, le Canada n'est pas autosuffisant en sable

siliceux et il doit en importer d'importantes quantités. Les importations de silice du Canada étaient de 392 743 t; de ce nombre, 90,6 % provenaient des États-Unis, dont 71,1 % consistaient en sables siliceux et quartzeux utilisés dans les fonderies et la verrerie.

En 2000, le Canada a importé 13,1 % moins de composés de silice qu'il l'a fait en 1999. Les importations ont chuté, passant de 444 171 à 392 743 t; toutefois, leur valeur a affiché une hausse et a été portée de 95 à 102,9 millions de dollars.

La silice que le Canada importe des États-Unis provient de gisements de grès faiblement consolidé et facile à traiter ou de gisements de sable lacustre situés près des Grands Lacs. Les principales exploitations américaines se trouvent dans les États de l'Illinois, du Wisconsin, du Michigan et de l'Indiana.

Les fonderies de fer et les aciéries de moulage du Canada utilisent environ 74,5 % des importations provenant des États-Unis et la plus grande partie est livrée dans des installations situées en Ontario, au Manitoba et au Québec. Les entreprises canadiennes de verrerie, quant à elles, utilisent environ 25,5 % de ces importations, la plus grande partie étant livrée en Ontario, au Québec et en Saskatchewan (tableaux 1 et 2).

En 2000, les exportations de silice du Canada ont atteint 394 499 t. De ce nombre, 97 % ont été livrées aux États-Unis. Les sables siliceux et quartzeux comptent pour la majorité (93 %) des exportations aux États-Unis.

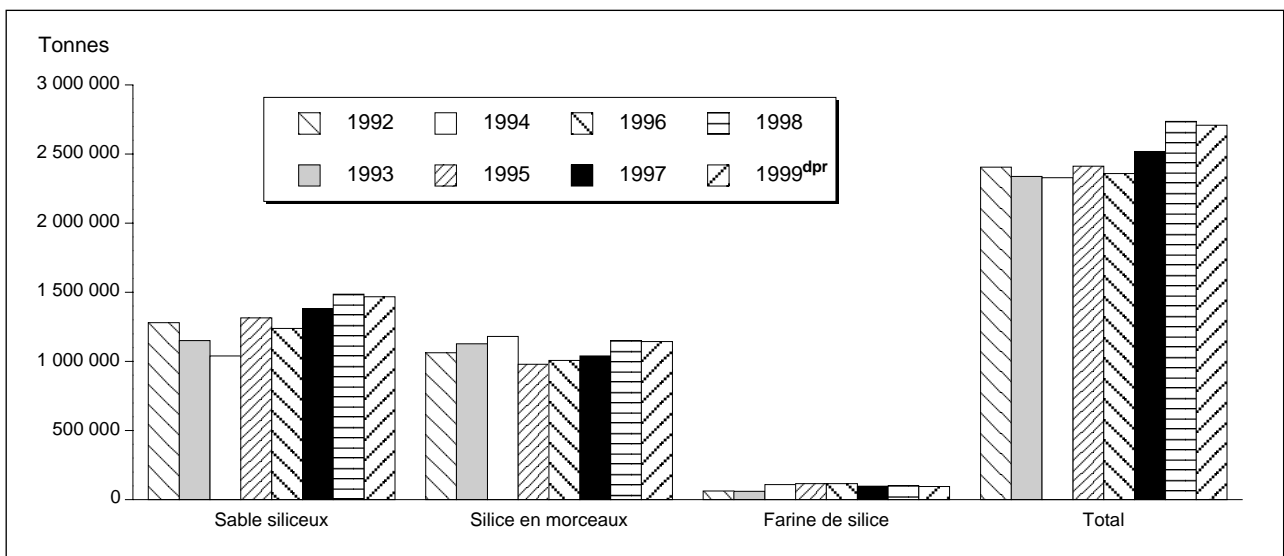
La variation des exportations indique que les exportations canadiennes étaient supérieures de 22,6 % à celles de 1999, passant de 321 878 à 394 499 t de silice en 2000. La valeur de ces exportations a augmenté de 16,9 % pour être portée de 5,9 millions en 1999 à 6,9 millions de dollars en 2000.

## TENDANCES POUR LA PÉRIODE DE 1992 À 2000

La quantité de silice utilisée par le Canada a légèrement augmenté depuis 1992 (figures 1 et 2), ce qui reflète une meilleure performance économique des États-Unis et du Canada, particulièrement au cours des dernières années. Le fléchissement, par rapport à 1999, pourrait s'expliquer en partie par une demande prudente, par des programmes de recyclage et de récupération, par une fluctuation des prix ou par une combinaison de ces éléments. À l'exception de 1994, le sable siliceux a toujours été la matière première la plus utilisée, suivi de la silice en gros morceaux et de la farine de silice.

La production canadienne de silice (y compris les expéditions) semble avoir atteint un sommet en 1994 et être passée par une période de rémission en 1998, mais depuis lors, elle a subi un léger fléchissement continu (figure 3). On observe une augmentation progressive de la production en Alberta depuis 1994, alors qu'elle demeure constante au Québec et en Ontario (depuis 1995 dans le premier cas et depuis 1996 dans le second).

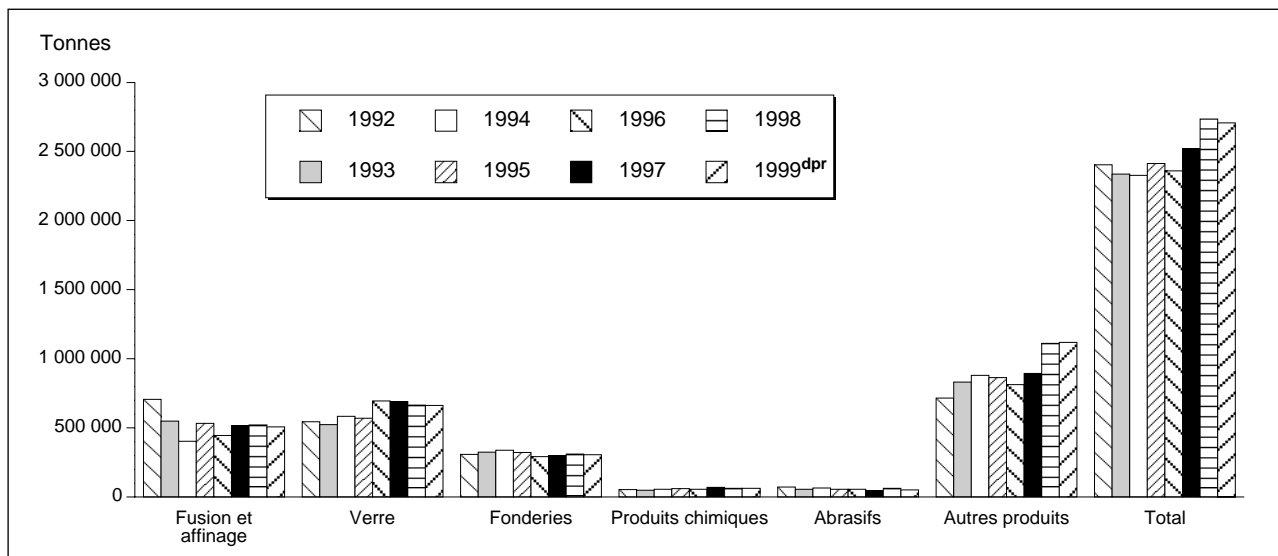
**Figure 1**  
Quantité de silice utilisée au Canada, par industrie, de 1992 à 1999



Source : Ressources naturelles Canada.

<sup>dpr</sup> : données provisoires.

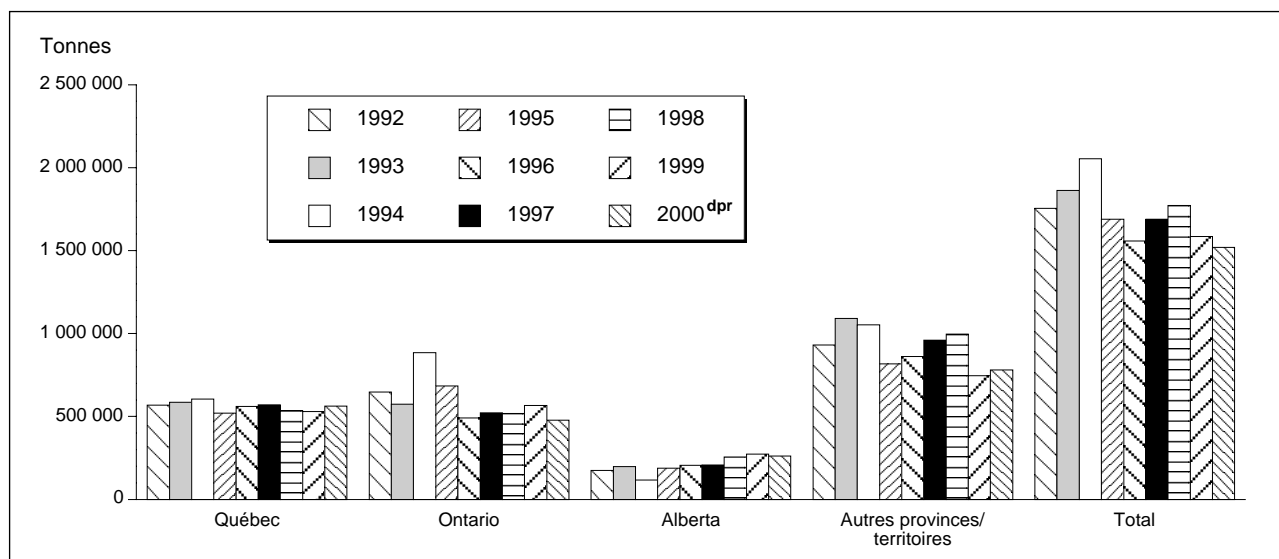
**Figure 2**  
**Quantité de silice utilisée au Canada, par industrie, de 1992 à 1999**



Source : Ressources naturelles Canada.

<sup>dpr</sup> : données provisoires.

**Figure 3**  
**Production de silice (y compris les expéditions) au Canada, de 1992 à 2000**



Source : Ressources naturelles Canada.

<sup>dpr</sup> : données provisoires.

Dans l'ensemble, la valeur des importations canadiennes de composés de silice s'est accrue depuis 1992, ce qui a été aussi le cas pour les exportations, quoiqu'à un rythme plus lent (figure 4).

## FACTEURS RELATIFS À LA PRODUCTION ET AU MARCHÉ

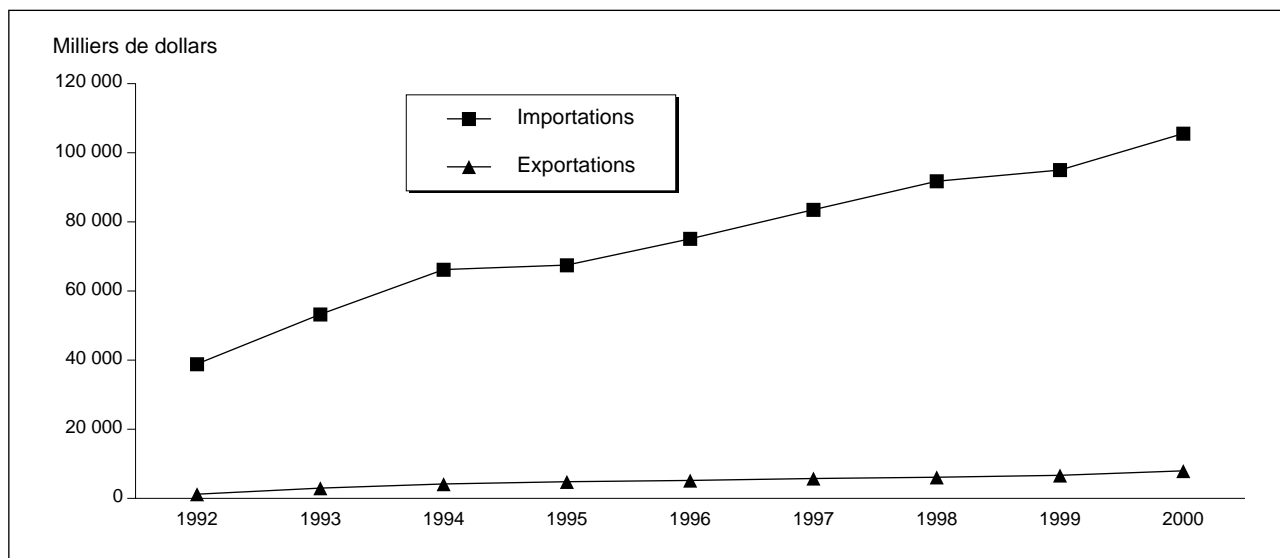
La silice (de formule  $\text{SiO}_2$ ) se compose des deux éléments les plus abondants dans la croûte terrestre, soit le silicium, soit l'oxygène. C'est un minéral courant qui existe sous différentes formes cristallines et amorphes. Les sables, les grès, les quartzites et les cristaux de quartz servent de matières premières pour une vaste gamme d'applications (tableaux 5 et 6), dont les matériaux de construction, le verre, les céramiques, les réfractaires, le silicium et le ferrosilicium, les abrasifs, et des instruments électriques et optiques. Les matériaux spéciaux de silice (tableau 7) sont des roches composées en majeure partie de silice, que l'on produit sous forme de morceaux grossiers, de galets ronds, et de blocs et de solides ayant d'autres formes sciés ou taillés, et qui sont utilisés dans d'autres domaines que celui de la construction. Les différentes utilisations de la silice et du quartz rendent les forces du marché plus complexes. Le sable siliceux industriel, qui se retrouve couramment un peu partout dans le monde, possède de ce fait plus d'utilisations distinctes que tout autre minéral non métallique. Le sable siliceux qui est exploité et transformé à des fins industrielles doit satisfaire aux spécifications chimiques (par exemple, la pureté) et phy-

siques exigées par les acheteurs. Parmi les propriétés physiques les plus importantes se trouvent la taille des grains et leur granulométrie, la forme des grains (la sphéricité), ainsi que leur résistance et leur réfractarité. Des mesures de santé et sécurité sont nécessaires, dans le cas de la silice cristalline qui peut causer des problèmes de silicose.

Les facteurs économiques qui régissent la production et la vente des nombreux types de silice sont multiples, mais la demande de silice dépend surtout de la santé économique des secteurs de la verrerie et des fonderies. La production de silice se compose habituellement d'une série d'opérations peu coûteuses et de fort rendement, qui en font un procédé très concurrentiel. Le succès d'une exploitation particulière de silice dépend de la capacité qu'a l'exploitant de fournir aux consommateurs les qualités appropriées de silice (tableau 8) à des prix compétitifs. On peut récupérer la silice par dragage de gisements de sable de rivière, de lac ou de bord de mer; en général, elle est toutefois extraite dans des exploitations à ciel ouvert de gisements intérieurs. Partout en Amérique du Nord, l'industrie du sable siliceux est très concurrentielle à l'échelle régionale et elle est dominée par quelques producteurs importants.

Les principaux modes de transport pour acheminer la silice vers les marchés sont les chemins de fer, les camions, les péniches et les navires. La proximité d'au moins un de ces modes de transport à un gisement de sable siliceux est essentielle à son exploitation rentable. Le transport du sable siliceux peut souvent être complexe. Une source de sable siliceux

**Figure 4**  
Commerce canadien de silice et de composés de silice, de 1992 à 2000



Source : Ressources naturelles Canada.

dpr : données provisoires.

située dans les environs de l'usine de transformation peut se traduire par une réduction des coûts de transport de seulement quelques dollars par tonne et pourtant entraîner des économies de centaines de milliers de dollars par année pour les utilisateurs. Les matériaux à bas prix ne sont expédiés que sur les marchés locaux ou régionaux. Les prix des transactions réelles varient selon la région géographique et ils tiennent compte, entre autres paramètres, de la quantité du produit acheté, de son application, de l'assurance de la qualité, de la qualité exacte du produit et des conditions de crédit.

La valorisation constitue l'étape clé qui permet d'obtenir un sable de verrerie ou de fonderie de haute qualité à partir de la plupart des gisements. Dans la majeure partie des applications, il faut faire sécher le produit fini de sable. La combinaison de procédés requis, parmi ceux présentés ci-après, dépend de la nature du gisement faisant l'objet de l'exploitation, des produits qui seront offerts et des marchés visés :

- séchage et tamisage seulement, ce qui est rarement suffisant;
- lavage, séchage et tamisage;
- lavage, débouillage, flottation, séchage et tamisage;
- lavage, débouillage, flottation, séchage, tamisage et calibrage dans des séparateurs pneumatiques;
- système de déferrisation (séparation magnétique, par voie humide ou par voie sèche);
- broyage, en ne tenant pas compte des autres procédés employés, si la charge d'alimentation utilisée en usine exige une granulométrie précise;
- lixiviation acide, dans le cas des produits de première qualité;
- installations d'ensachage de tous les produits ou de seulement certains d'entre eux;
- installations de refroidissement, dans le cas du sable de fonderie.

## OFFRE

Au Canada, la silice se retrouve dans la formation de Random, la formation précambrienne de quartzite de Bar River, la formation de grès de Postdam (cambrien supérieur), la formation de Winnipeg, certaines zones typiques du pléistocène et d'autres formations (par exemple, des dépôts glaciaires et des sables de dune).

La distance à laquelle se trouve le consommateur est un facteur très important dans la détermination du coût d'expédition du sable siliceux. Il existe de nombreuses petites exploitations qui alimentent les marchés locaux. Dans le présent document, nous traiterons principalement des plus importants producteurs canadiens.

Au Canada, les principales provinces productrices de silice sont le Québec, l'Ontario et l'Alberta; viennent ensuite la Saskatchewan, la Colombie-Britannique et la Nouvelle-Écosse. Selon les données des producteurs, la production canadienne de silice (y compris les expéditions) était de 1 519 706 t en 2000, soit 64 480 t de moins que l'année précédente. La valeur de la production a aussi fléchi, passant de 41,3 millions en 1999 à 40,8 millions de dollars en 2000.

**À Terre-Neuve et au Labrador**, la Shabogamo Mining and Exploration Co. Ltd. a débuté, en octobre 1999, l'exploitation de son gisement de quartzite Roy's Knob près de Labrador City. Le lavoir et l'installation de tamisage de l'entreprise sont situés à Wabush (Lab.). Le quartzite extrait est acheminé par train jusqu'à Sept-Îles (Qc). La cérémonie d'ouverture de l'exploitation a eu lieu le 20 novembre 1999. Shabogamo approvisionne en quartzite la société québécoise Bécancour Inc., qui utilise la substance pour fabriquer du silicium métallique. La première expédition a été effectuée en février 2000. Shabogamo a aussi expédié trois chargements de quartzite en Europe, pour utilisation dans des installations de production de silicium métallique.

En **Nouvelle-Écosse**, Shaw Resources – membre du [The] Shaw Group Limited – produit une silice de première qualité (98,5 à 99,5 %) à partir de gisements de sable situés près de Shubenacadie. La silice est principalement employée dans le décapage au jet de sable, ainsi que comme sable de fonderie et sable filtrant. De plus, les fines produites par l'usine de silice sont enrichies pour être utilisables comme verre flint. Les produits de sable fin sont vendus dans les Maritimes, au Québec et dans le Nord-Est des États-Unis comme agent de décapage au jet de sable, comme sable filtrant et sable de traction, dans la fabrication de ciment et de béton, comme matériau réfractaire, comme sable décoratif et comme fondant dans les usines de fusion des métaux communs. Le sable pourrait également être employé en verrerie.

Au **Nouveau-Brunswick**, Shaw Resources, Chaleur Silica – une division du [The] Shaw Group Limited – fabrique des produits abrasifs à partir de matières premières provenant de la Nouvelle-Écosse, de l'Ontario et des États-Unis. Cette entreprise produit aussi de la silice utilisable comme fondant à l'usine de fusion de plomb Belledune, ainsi que dans la fabrication de ciment.

Atlantic Silica Inc. – une filiale de la société québécoise Baskatong Quartz Inc. – exploite un gisement à forte teneur en silice (plus de 98 % de SiO<sub>2</sub>), près de Sussex. La silice est employée dans le décapage au jet de sable, pour la production de silicium métallique et de carbure de silicium, ainsi que comme sable de fonderie, sable filtrant et sable décoratif. Elle est en grande partie utilisée dans l'Est du Canada, mais une certaine quantité est expédiée aux États-Unis.

Au **Québec**, Unimin Canada Ltée – une filiale de l'Unimin Corp. des États-Unis – est la plus grande société productrice de silice. La silice est extraite d'un gisement de quartzite à Saint-Donat-de-Montcalm et d'un gisement de grès à Saint-Canut. La silice de Saint-Donat est affinée à l'usine de Saint-Canut, près de Montréal. La silice produite par Unimin Canada Ltée provient, en grande partie, de Saint-Canut où le minerai est broyé, tamisé et enrichi par séparation magnétique. Les industries des contenants en verre, du verre plat, de la fibre de verre et également du carbure de silicium représentent les principaux marchés pour les produits de Unimin Canada Ltée.

Bécancour Chemical Industries exploite l'usine de silice de Bécancour qui appartenait autrefois à SKW Canada Inc. Elle est aussi propriétaire du gisement de quartzite situé au nord de La Malbaie, qui est mis en valeur par Sitec Inc. Cette dernière est une nouvelle entreprise en participation qui se compose de Baskatong Quartz Inc. – productrice de quartz de première qualité et de SOQUEM INC. – une filiale à part entière de SGF Minéral Inc.

La Compagnie Bon Sable Ltée extrait du sable siliceux à Saint-Joseph-du-Lac et à Ormstown. Ce matériau est principalement utilisé pour le décapage au jet de sable et comme sable à béton, mais il convient également à la production de fibre de verre.

Les Sables Silco Inc. extrait et broie de la silice à Sainte-Clothilde, dans le comté de Châteauguay. Les produits sont vendus à une entreprise de produits chimiques, à une cimenterie et à une usine de ferromanganèse.

Temisca inc., qui extrait et transforme de la silice près de Saint-Bruno-de-Guigues, approvisionne différents marchés, dont ceux du sable de terrain de golf, du sable filtrant, du sable de fracturation, des abrasifs et des matériaux de construction. L'entreprise, récemment acquise par Stake Technology Ltd. (StakeTech) de Norval (Ont.), vise particulièrement à développer le marché du sable de fracturation employé dans l'industrie pétrolière et l'industrie gazière, puisque le gisement contient du sable à grain exceptionnellement gros, du type que l'on ne retrouve habituellement qu'au Texas (É.-U.).

En **Ontario**, Unimin Canada Ltée est également la plus grande société productrice de silice; sa capacité totale de production s'établit à environ 550 000 t/a. Le quartzite en gros morceaux qui provient de l'île Badgeley (capacité de 150 000 t/a), située dans le secteur nord de la baie Georgienne, est expédié par bateau vers des destinations canadiennes où l'on fabrique du ferrosilicium. Le matériau plus fin, produit par broyage, est livré à l'usine (capacité de 400 000 t/a) de Unimin Canada Ltée à Midland, au sud de la baie Georgienne, où il est transformé en sable siliceux pour être utilisé dans l'industrie du

verre et en farine de silice pour être employée, entre autres, dans l'industrie de la céramique.

Parmi les autres producteurs importants, on retrouve Arriscraft International Inc. (carrière Elgin), Damron Minerals (carrière Ellis), Great White Minerals Ltd. (carrière Fripp), Inco Limitée (carrière Lawson) et Hunt Engineering Group (carrières Penhorwood et Roseval).

Au **Manitoba**, aucune carrière de silice n'est présentement en exploitation. Selkirk Silica, qui a son siège à Selkirk (Man.), importe du sable siliceux du Minnesota et l'emballage pour la revente. On trouve des gisements de sable siliceux et de quartz dans le Sud-Est du Manitoba et un certain nombre d'entreprises (par exemple, Gossan Resources Limited) ont réalisé quelques travaux d'exploration.

En **Saskatchewan**, La Compagnie Minière et Métallurgique de la Baie d'Hudson Limitée (CMMB) produit de la silice dans la région du lac Amisk, dans le Nord de la province. De plus, sa fonderie de Flin Flon (Man.) est la plus importante utilisatrice de sable siliceux produit en Saskatchewan. La CMMB utilise le sable siliceux comme fondant qui, à l'état fondu, réagit avec différentes impuretés présentes dans le minerai de cuivre et de zinc et forme un laitier. Un métal mieux raffiné est obtenu une fois que le laitier contenant des impuretés est extrait du four de fusion.

Red Deer Silica Inc. produit une petite quantité de silice au nord-est du village d'Hudson Bay (Sask.). Les fosses de sable des terrains de golf, le sable pour revêtement de stucco et le décapage au jet de sable constituent ses principaux débouchés.

En octobre 2000, Hanson Lake Silica – une société affiliée de Daren Industries Ltd. de Vancouver (C.-B.) – a entrepris la transformation de sable siliceux provenant de la formation de Winnipeg, sur la rive sud-ouest du lac Hanson, à quelque 100 km à l'ouest de Flin Flon. La société prévoit trouver un débouché pour le produit sur le marché du sable de fracturation de l'Ouest canadien. Le calibrage préliminaire est effectué à la carrière, afin de tamiser les fines, et le sable est ensuite expédié par camion à une usine de transformation située à environ 15 km, où ont lieu le lavage, le séchage et le calibrage final. Le sable sera éventuellement expédié par camion à 150 km de l'usine de transformation, jusqu'à une installation de distribution que l'entreprise met présentement en place à Mean Park, au nord de Prince Albert (Sask.).

En **Alberta**, Sil Silica Inc. – une entreprise d'Edmonton qui produit du sable siliceux à partir de dunes de sable locales situées dans la région de Bruderheim – a changé son nom en celui de Sil Industrial Minerals Inc. La société exploite une installation de transformation de la silice près

d'Edmonton. La silice est surtout vendue pour fabriquer de la fibre de verre et pour servir d'agent de décapage au jet de sable. Elle est également employée comme sable de fonderie, sable filtrant, sable de fracturation et sable de traction sur les voies ferrées. Cette compagnie produit également de la farine de silice par broyage du sable siliceux dans un broyeur à boulets; la farine est utilisée par le secteur des hydrocarbures dans la préparation de ciment d'isolation thermique.

United Industrial Services Ltd. de Calgary a entrepris, au cours de l'été 2000, l'exploitation de sa nouvelle usine de sable siliceux située près de Peace River (Alb.). Le sable de fonderie, le sable utilisable pour fabriquer la fibre de verre et le sable de fracturation, ainsi que celui obtenu du retraitement du sable de fracturation, sont destinés aux marchés du secteur nord-ouest des États-Unis et de l'Ouest canadien.

En **Colombie-Britannique**, la Mountain Minerals Co. Ltd. – une division de Highwood Resources Ltd. de Calgary (Alb.) – exploite la mine Moberly située dans la région de Golden. Le sable siliceux de première qualité (99,5 %) que l'on y extrait possède différentes applications industrielles (par exemple, comme sable de verrerie de qualité). À une usine près de Golden (C.-B.), le grès friable est broyé, tamisé, lavé, séché et classé selon différentes tailles de particules. Selon la granulométrie, le sable est surtout vendu comme sable de verrerie, mais également comme sable de décapage, sable de fonderie, sable filtrant et sable pour terrains de golf. De plus, cette société produit de la silice en gros morceaux qui sert à la production de silicium.

En 2000, Monteith Bay Resources Ltd. a fourni 37 000 t de silice provenant de sa carrière de Monteith Bay, dans le secteur ouest de l'île de Vancouver, à la cimenterie de Tilbury Cement Limited située à Delta.

## PERSPECTIVES

Lors de la Twelfth Annual Canadian Conference on Markets for Industrial Minerals de Blendon Information Services, M. Paul F. Guttman, vice-président de marketing de la U.S. Silica Company, a déclaré aux participants que le marché nord-américain de la silice dépasse les 30 Mt/a, que la consommation combinée du Canada et du Mexique représente 15 % de la quantité utilisée et que la consommation des États-Unis compte pour 85 %.

De plus, Freedonia, dans sa publication de mai 2000 intitulée *U.S. Industry Study on Specialty Silicas*, prévoit une hausse annuelle de 5,2 % de la demande de silices spéciales aux États-Unis. La consistance de cette croissance se poursuivra dans de nouvelles

applications telles que des coulis de planarisation chimico-mécanique (procédé CMP), des pneumatiques à haute capacité de charge ou des produits spéciaux de couchage du papier pour imprimante à jet d'encre. Ces applications exigent toutes l'emploi de silice précipitée et de silice sublimée.

Selon Freedonia, la croissance en question sera aussi stimulée par des applications très importantes dans le secteur des pneumatiques, à mesure que les fabricants américains commenceront enfin à utiliser la silice à grande échelle, comme charge renforçante dans les pneus. Pour le moment, les marchés à créneaux où la silice réussira à percer sont ceux des pneus de camion, des pneus d'hiver et des pneus à haute capacité. Le marché de la silice dont la croissance sera la plus rapide est celui des appareils électroniques. Les gains seront presque tous attribuables au marché des coulis obtenus par le procédé CMP, dont l'expansion rapide est attribuable aux nouvelles conceptions des circuits intégrés qui exigent des largeurs de trait de plus en plus petites. Les ventes de cette application ont presque triplé depuis 1994 et la croissance à deux chiffres se poursuivra jusqu'en 2004.

Il faut de plus noter les faits suivants.

- L'industrie de fabrication des contenants en verre continuera d'accroître le niveau de recyclage, ce qui aura pour effet de réduire la quantité utilisée de silice et d'autres minéraux industriels en verrerie.
- On s'attend à ce que le marché du verre plat connaisse une croissance plus rapide que celle de l'économie, alors que l'état des marchés de la fibre de verre (c'est-à-dire les marchés des fibres d'isolation et des fibres de renforcement) dépend de la vitalité du secteur de la construction (c'est-à-dire de la construction résidentielle).
- La concurrence de la part des producteurs américains de silice utilisée en verrerie et en fonderie demeurera forte en Ontario et au Québec et ce, à cause de la proximité de ces deux provinces aux producteurs de la région des Grands Lacs qui produisent de la silice à faible coût.
- Comme il y a recyclage du sable siliceux dans les fonderies, aucune croissance n'est prévue pour l'industrie du sable de fonderie au Canada.
- L'utilisation de silice dans l'industrie du décapage au jet de sable devrait fléchir en raison des mesures de protection de l'environnement plus sévères et du remplacement du sable par certains minéraux comme le grenat, l'olivine, la stauroлите et le feldspath.

## POSSIBILITÉS

Le Canada est bien placé pour attirer les nouvelles installations de production de silice, notamment en Colombie-Britannique, au Québec, au Labrador et peut-être même au Manitoba, car l'électricité y est facilement disponible à un prix très concurrentiel et de la silice de première qualité est disponible ou pourrait être extraite de gisements encore inexploités.

La production de carbure de silicium (SiC) exige beaucoup d'électricité (de 7 à 10 kWh/t de SiC), et de nouvelles installations de production pourraient être construites au Canada pour alimenter le marché américain qui a dépendu énormément des importations chinoises, au cours des dernières années.

Au Canada, il serait possible de fabriquer des produits de silice de grande valeur, étant donné le faible coût de l'électricité dans certaines régions du pays. Parmi ces produits et les nouvelles installations de production possibles, on compte :

- le quartz de culture dans l'Ouest canadien pour la fabrication des oscillateurs utilisés, entre autres, dans les appareils électroniques et les instruments optiques;
- la silice ou le quartz amorphe fondu (au moins 99,8 % de SiO<sub>2</sub>) sous forme de lingots, de barres, de tubes et de poudre employés dans les industries des produits chimiques et de l'électronique;
- la cristobalite pour utilisation comme matière de charge (anti-bloquant infrarouge) dans les plastiques et dans les peintures abrasives employées sur les routes, comme produits de remplacement partiel du dioxyde de titane (TiO<sub>2</sub>) dans les peintures et comme produit réfractaire;
- la silice broyée de première qualité (au moins 99,5 % de SiO<sub>2</sub>, de 2 à 20 microns) employée comme abrasif dans les matières à polir et à nettoyer les métaux et comme matière de charge dans les plastiques et le caoutchouc;
- le silicium monocristallin pour la production de puces de silicium;
- le silicium métallique de qualité chimique pour la production de silicones dans l'Ouest canadien;
- la construction d'usines intégrées de carbure de silicium tant dans l'Est que dans l'Ouest du Canada, alimentées par des matières premières locales et de l'électricité à bon marché;
- la production de silicones obtenues par réaction chimique de la poudre de silicium métallique avec du chlorure de méthyle;
- la production de silice amorphe sublimée obtenue par hydrolyse du tétrachlorure de silicium dans une flamme d'hydrogène et d'oxygène, et destinée, entre autres, à être utilisée dans les caoutchoucs, comme agent d'épaississement dans les encres, les peintures, les cosmétiques, ainsi que dans le polyester et les revêtements spéciaux, tels que les revêtements en poudre;

- la production de silice précipitée et de gel de silice obtenus par réaction chimique du silicate de sodium avec de l'acide sulfurique. (Ces produits sont utilisés comme agent de renforcement dans le caoutchouc, agent de polissage dans les dentifrices, matière de charge dans les peintures et les encres et agent d'épaississement dans les piles.)

## RÉFÉRENCES (autres)

- Carr, Donald D. *Industrial Minerals and Rocks*, 6<sup>e</sup> édition, chapitre traitant de la silice, p. 879.
- Boucher, Michel. *Annuaire des minéraux du Canada*, chapitre traitant de la silice, Ressources naturelles Canada, 1995.
- *Tendances du marché des minéraux industriels*, rapport de Ressources naturelles Canada, 1997.
- Sites Web des provinces et des territoires canadiens et contributions des membres du Groupe de travail intergouvernemental sur l'industrie minière.
- Guttman, Paul F. *Silica in Glass*, U.S. Silica Company; article présenté à la Twelfth Annual Canadian Conference on Markets for Industrial Minerals, octobre 2000.
- Dziekonski, Paul E. *Silica Sand Trends and Uses in the North American Foundry Industry*, Fairmount Minerals; article présenté à la Eleventh Annual Canadian Conference on Markets for Industrial Minerals, octobre 1999.
- Blendon Information Services.
- North American Minerals News, prix du sable siliceux, janvier 2001.
- Weiss, N.L. *SME Mineral Processing Handbook*, volume 2, chapitre 20, p. 18.
- *Industrial Minerals*, février 1984, p. 39.

*Remarques : (1) Pour les définitions et l'évaluation de la production, des expéditions et du commerce des minéraux, veuillez consulter le chapitre 65. (2) Les présentes données sont les plus récentes au 29 juin 2001. (3) Ce chapitre ainsi que d'autres chapitres, y compris les éditions d'années précédentes, sont disponibles sur Internet à [http://www.rncan.gc.ca/smm/cmy/index\\_f.html](http://www.rncan.gc.ca/smm/cmy/index_f.html).*

### NOTE À L'INTENTION DU LECTEUR

**Le présent document a pour but de donner de l'information générale et de susciter la discussion. Il ne devrait pas servir d'ouvrage de référence ou de guide dans le cadre d'activités commerciales ou d'investissements. Les renseignements que l'on y trouve ne sauraient être considérés comme des propositions. L'auteur et Ressources naturelles Canada ne donnent aucune garantie quant à son contenu et n'assument aucune responsabilité, qu'elle soit accessoire, consécutive, financière ou d'une autre nature, pour les actes découlant de son utilisation.**



## TARIFS DOUANIERS

N° tarifaire	Dénomination	Canada			États-Unis
		NPF	TPG	États-Unis	Canada
2804.61	Silicium contenant en poids au moins 99,99 % de silicium	8,5 %	6 %	en franchise	en franchise
2804.69	Silicium, n.m.a.	8,5 %	6 %	2,7%	de 1,5 à 2,7 %
2811.22	Dioxyde de silicium	11,8 %	8 %	en franchise	en franchise
2849.20	Carbures de silicium	en franchise	en franchise	en franchise	en franchise
7202.21.10	Ferrosilicium contenant en poids plus de 55 % mais moins de 60 % de silicium	en franchise	en franchise	en franchise	en franchise
7202.21.20	Ferrosilicium contenant en poids 60 % ou plus mais moins de 90 % de silicium	1,44 ¢/kg (teneur en silicium)	en franchise	en franchise	en franchise
7202.21.30	Ferrosilicium contenant en poids 90 % ou plus de silicium	1,44 ¢/kg (teneur en silicium)	en franchise	en franchise	en franchise
7202.29	Ferrosilicium, n.m.a.	en franchise	en franchise	en franchise	en franchise
7202.30	Ferro-silico-manganèse	1,44 ¢/kg ou une fraction correspondante de la teneur en manganèse	en franchise	en franchise	en franchise
7202.50	Ferro-silico-chrome	9,5 %	6,5 %	en franchise	en franchise

Sources : *Tarif des douanes*, en vigueur en janvier 2001, Agence des douanes et du revenu du Canada, *Harmonized Tariff Schedule of the United States*, 2001.

n.m.a. : non mentionné ailleurs; NPF : nation la plus favorisée; TPG : tarif de préférence général.

## TABLEAU 1. PRODUCTION ET COMMERCE CANADIENS DE SILICE, EN 1999 ET 2000

N° tarifaire	1999		2000dpr	
	(tonnes)	(milliers de dollars)	(tonnes)	(milliers de dollars)
<b>PRODUCTION (expéditions)</b>				
Par province et territoire				
	x	x	x	x
Terre-Neuve	—	—	—	—
Île-du-Prince-Édouard	x	x	x	x
Nouvelle-Écosse	x	x	x	x
Nouveau-Brunswick	528 707	13 785	563 000	13 940
Québec	567 208	12 285	477 958	11 630
Ontario	x	x	x	x
Manitoba	—	—	—	—
Saskatchewan	272 189	8 500	262 066	8 450
Alberta	x	x	x	x
Colombie-Britannique	—	—	—	—
Territoire du Yukon	—	—	—	—
Territoires du Nord-Ouest	—	—	—	—
Total	1 584 186	41 349	1 519 706	40 808
<b>IMPORTATIONS<sup>1</sup></b>				
2505.10	Sables siliceux et sables quartzeux			
	361 961	40 023	312 270	44 802
États-Unis	1 451	1 222	1 461	804
Allemagne	28	8	548	506
Chine	552	316	1 448	410
Afrique du Sud	168	158	491	308
Suède	1 419	536	1 345	641
Autres pays	365 579	42 263	317 563	47 471
Total	365 579	42 263	317 563	47 471
2506.10	Quartz (autres que les sables naturels)			
	5 985	319	18 828	1 052
États-Unis	3	...	10 725	456
France	42 771	2 086	10 072	423
Espagne	2 960	153	6 377	283
Autres pays	51 719	2 558	46 002	2 214
Total	51 719	2 558	46 002	2 214

TABLEAU 1. (fin)

N° tarifaire		1999		2000dpr	
		(tonnes)	(milliers de dollars)	(tonnes)	(milliers de dollars)
<b>IMPORTATIONS (fin)</b>					
2506.21	Quartzites brutes ou dégrossies				
	États-Unis	800	171	949	211
	Guatemala	–	–	20	6
	Autres pays	10	3	–	–
	Total	810	174	969	217
2506.29	Quartzites, n.m.a.				
	États-Unis	1 886	135	2 094	136
	Brésil	772	44	583	49
	Japon	110	7	503	41
	Autres pays	1 658	89	128	11
	Total	4 426	275	3 308	237
2811.22	Dioxyde de silicium				
	États-Unis	19 666	42 062	21 591	41 135
	Allemagne	846	4 297	1 633	7 647
	Mexique	5	14	1 026	1 677
	Chine	292	595	259	684
	Japon	318	1 290	107	562
	Autres pays	510	1 494	285	1 041
	Total	21 637	49 752	24 901	52 746
<b>EXPORTATIONS</b>					
2505.10	Sables siliceux et sables quartzeux				
	États-Unis	311 413	5 029	370 528	4 740
	Norvège	9 475	332	9 567	318
	Chili	159	39	147	52
	Autres pays	68	17	260	55
	Total	321 115	5 417	380 502	5 165
2506.10	Quartz (autres que les sables naturels)				
	États-Unis	99	104	1 708	459
	Bulgarie	–	–	538	35
	Taiwan	–	–	508	28
	Total	99	104	2 754	522
2506.21	Quartzites brutes ou dégrossies				
	Norvège	–	–	10 250	520
	États-Unis	471	182	673	263
	Total	471	182	10 923	783
2506.29	Quartzites, n.m.a.				
	États-Unis	84	17	180	69
	Philippines	23	14	–	–
	Total	107	31	180	69
2811.22	Dioxyde de silicium				
	États-Unis	25	122	90	340
	Singapour	–	–	3	31
	Autres pays	61	61	47	8
	Total	86	183	140	379

Sources : Ressources naturelles Canada; Statistique Canada.

– : néant; . . . : quantité minimale; dpr : données provisoires; n.m.a. : non mentionné ailleurs; x : confidentiel.

1 Comprend le sable utilisé dans les fonderies et les usines de verre, le sable broyé et en poudre, la poussière de carneau volatile et de silice.

Remarque : Les chiffres ont été arrondis.

**TABLEAU 2. IMPORTATIONS CANADIENNES DE SABLE SILICEUX AMÉRICAIN, PAR PROVINCE ET PAR UTILISATION FINALE, EN 1999 ET 2000**

	1999		2000 <sup>dpr</sup>	
	(tonnes)	(milliers de dollars)	(tonnes)	(milliers de dollars)
<b>FONDERIE</b>				
Terre-Neuve	—	—	—	—
Île-du-Prince-Édouard	—	—	—	—
Nouvelle-Écosse	700	12 930	1 000	18 467
Nouveau-Brunswick	—	—	121	8 186
Québec	4 854	177 754	26 408	616 885
Ontario	131 254	10 442 471	101 215	10 826 747
Manitoba	28 136	1 224 200	26 717	1 098 726
Saskatchewan	199	65 109	220	87 481
Alberta	14 249	590 607	26 910	1 044 663
Colombie-Britannique	11 076	563 205	5 717	369 923
<b>Total</b>	<b>190 468</b>	<b>13 076 276</b>	<b>188 308</b>	<b>14 071 078</b>
<b>FABRICATION DU VERRE</b>				
Terre-Neuve	—	—	—	—
Île-du-Prince-Édouard	—	—	—	—
Nouvelle-Écosse	152	77 222	298	95 326
Nouveau-Brunswick	—	—	—	—
Québec	6 385	728 845	646	136 138
Ontario	104 438	2 573 192	62 768	2 173 250
Manitoba	10	6 031	6	3 275
Saskatchewan	—	—	—	—
Alberta	2 369	127 132	758	28 545
Colombie-Britannique	96	36 353	72	59 782
<b>Total</b>	<b>113 450</b>	<b>3 548 775</b>	<b>64 548</b>	<b>2 496 316</b>

Source : Statistique Canada.

— : néant; <sup>dpr</sup> : données provisoires.

Remarque : Les chiffres ont été arrondis.

**TABLEAU 3. QUANTITÉ SIGNALÉE<sup>1</sup> DE SILICE UTILISÉE AU CANADA, PAR INDUSTRIE, EN 1998 ET 1999**

	1998	1999 <sup>dpr</sup>
	(tonnes)	
Verre primaire et contenants en verre, et laine de fibre de verre	665 001	662 046
Fusion et affinage de métaux non ferreux	520 917	506 900
Fonderies	310 355	305 858
Produits chimiques	63 220	62 498
Abrasifs	62 773	50 977
Autres produits <sup>2</sup>	1 112 930 <sup>r</sup>	1 119 829
<b>Total</b>	<b>2 735 196<sup>r</sup></b>	<b>2 708 108</b>

Source : Ressources naturelles Canada.

<sup>dpr</sup> : données provisoires; <sup>r</sup> : révisé.

<sup>1</sup> Données disponibles, selon les utilisateurs. <sup>2</sup> Comprend les produits d'amiante, les produits de feutre-toiture bitumineux, le ciment, les produits céramiques et les matériaux de construction à base d'argile, les nettoyeurs, les engrais, la peinture et le vernis, les produits de pâtes et papiers, la brique réfractaire, les produits en caoutchouc, les ferro-alliages, l'acier de première fusion et d'autres produits divers.

**TABLEAU 4. QUANTITÉ DE SILICE UTILISÉE<sup>1</sup>  
AU CANADA, EN 1998 ET 1999**

	1998	1999 <sup>dpr</sup>
	(tonnes)	
Sable siliceux	1 486 835 <sup>r</sup>	1 467 848
Silice en gros morceaux	1 149 326	1 144 408
Farine de silice	99 035	95 852
<b>Total</b>	<b>2 735 196<sup>r</sup></b>	<b>2 708 108</b>

Source: Ressources naturelles Canada.

<sup>dpr</sup> : données provisoires; <sup>r</sup> : révisé.<sup>1</sup> Données provisoires, selon les utilisateurs.**TABLEAU 5. CERTAINES APPLICATIONS DE LA SILICE SOUS FORME DE  
QUARTZITE**

la plupart des verres	agent d'amélioration des bitumes routiers
additif pour pneus d'auto et de vélo	produits adhésifs en construction
céramiques	filtration de l'eau
fibres optiques	fonderies de fer
fibres d'isolation de verre	fibrociment
roches de jardin	ciment résistant aux acides
moules coulés	abrasifs
coulis de ciment	traitement de l'eau
revêtements de piscine	décapage au jet de sable
cristaux	parement extérieur
gravier d'aquarium	absorbant
industrie de produits chimiques	briques et tuiles
agent de prolongement de la durée de vie des peintures	sable de fracturation pour forage
fosses de sable des terrains de golf	matériau réfractaire

Source : Real Silica Inc., site Web à l'adresse suivante <http://www.silica.org/index.htm>.**TABLEAU 6. MATIÈRES PREMIÈRES DE SILICE ET CERTAINES APPLICATIONS****Sable siliceux**

Verre et fibre de verre  
 Carbure de silicium  
 Fracturation hydraulique  
 Sable de fonderie  
 Silicate de sodium  
 Décapage au jet de sable et papier de verre  
 Agent de charge pour le traitement de l'eau  
 Production du ciment portland

**Silice en gros morceaux**

Fondant : quartz massif, quartzite, grès, sables non consolidés  
 Silicium, ferrosilicium et alliages de silicium : quartz en gros morceaux, quartzite, grès à bonne cémentation  
 Brique de silice : quartz, quartzite et agent de garnissage  
 Granulat : quartz et quartzite  
 Matériau de revêtement pour broyeurs à boulets et tubes broyeurs  
 Matériau de revêtement pour tours de lessivage  
 Galets de broyage

**Farine de silice**

Céramiques, émaux, frites, verre flint pour poterie  
 Matière de charge, caoutchouc, amiante-ciment  
 Matière de charge dans les peintures  
 Abrasif dans les savons et les tampons à récurer  
 Produits de béton durcis en autoclave

**Quartz cristallin**

Appareils électroniques, grâce à ses propriétés piézoélectriques  
 Quartz fondu

Source : Industrial Minerals, revue professionnelle, avril 1987, p. 25.

---

## TABLEAU 7. SILICES SPÉCIALES

---

La transformation des silices ayant des degrés de qualité particuliers se traduit par des silices spéciales de plusieurs types. On obtient, entre autres, de la silice colloïdale, de la silice sublimée, de la silice fondue, de la silice broyée de première qualité, du gel de silice et de la silice précipitée.

- La silice colloïdale est surtout utilisée comme agent liant haute température pour le polissage des plaquettes de silicium et le papier autocopiant.
- La résistance exceptionnelle de la silice sublimée, ainsi que ses propriétés thixotropiques et de matage, en font un ingrédient de prix dans le caoutchouc, les plastiques, les revêtements spéciaux, les adhésifs, le ciment et les matériaux d'étanchéité; elle entre aussi dans la composition de pesticides, de cosmétiques, de produits pharmaceutiques, d'agents antimousses, d'encres, d'abrasifs et de piles.
- La silice fondue est produite lors de la fusion de sable siliceux de très haute qualité dans des fours électriques à arc et des fours à résistance. Le produit obtenu se différencie du sable siliceux initial par sa qualité extrêmement élevée, sa composition chimique uniforme, sa haute résistance au choc thermique et sa faible conductivité thermique. On peut donc l'utiliser comme matière de charge dans les agents d'encapsulation électroniques, les moulages réfractaires et les moulages de précision, et les revêtements spéciaux.
- La silice broyée de première qualité, que l'on appelle aussi silice amorphe, est produite à partir de sable siliceux ou de roches tendres et friables. On l'utilise surtout dans les revêtements spéciaux, les plastiques, le caoutchouc, les composants électroniques, les abrasifs, les réfractaires et les produits optiques. L'application particulière dépend de la taille moyenne des particules, la granulométrie, la dureté et l'indice de réfraction du produit.
- Le gel de silice est une forme extrêmement pure, poreuse et amorphe de la silice, qui est reconnue pour ses caractéristiques particulières, soit une aire de surface interne et une dureté élevées, soit une nature uniforme et chimiquement inerte. Sa capacité d'absorption des liquides permet de l'utiliser dans un large éventail d'applications, dont les catalyseurs, les antiagglomérants pour les produits alimentaires et pharmaceutiques, les desséchants, les cosmétiques, les plastiques, les revêtements spéciaux, le papier et les adhésifs.
- La silice précipitée est un autre type de silice spéciale qui est surtout utilisée comme agent de renforcement dans les pneus. Ses propriétés lui permettent de servir d'antiagglomérant, ainsi que d'agent de conditionnement, de suspension et de contrôle de la viscosité, dans des produits tels que les dentifrices, les désodorisants, les vernis à ongles et les comprimés vitaminés.

Les prix courants de ces différentes silices spéciales oscillent entre 140 \$CAN/t et quelque 6600 \$CAN/t.

---

Source : Site Web de la Minerals and Energy Branch du Department of Natural Resources de la Nouvelle-Écosse.

---

**TABLEAU 8. QUALITÉ DE LA SILICE ET SPÉCIFICATIONS RELATIVES AUX APPLICATIONS**


---

Sable de verrerie de qualité : au moins 98,5 à 99 % de  $\text{SiO}_2$  et teneur en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  de < 0,04 % (verre plat), de < 0,03 % (contenant en verre flint), de < 0,18 % (contenant ambré) et de < 0,3 % (fibre de verre), teneur en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  de 0,2 à 1,6 %, avec teneurs limites en alcalins, colorants (Ni, Cu, Co) et en minéraux réfractaires (chromite, zircon, rutile). Verre optique de première qualité : au moins 99,8 % de  $\text{SiO}_2$ , teneur en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  de < 0,1 % et en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  de < 0,02 %. Charge d'alimentation de silicate de sodium : teneur en  $\text{SiO}_2$  de > 99,4 % et en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  de < 0,03 %. Qualité céramique (passant sur tamis de 200 mesh) : plus de 97,5 % de  $\text{SiO}_2$ , teneur en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  de < 0,55 % et en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  de < 0,2 %.

Sable filtrant : relativement pur et ne contenant pas de poussières, d'argile et de matières micacées ou organiques. Les grains doivent être de forme angulaire ou arrondie, mais ils ne sont pas allongés ou plats. Les particules du produit doivent avoir une taille uniforme et une granulométrie étroite; celle-ci est déterminée à l'aide de la taille effective (la dimension d'une ouverture du tamis ne laissant passer que 10 % du poids d'un échantillon représentatif) et du coefficient d'uniformité (le rapport de la dimension de l'ouverture du tamis ne laissant passer que 60 % d'un échantillon représentatif de sable et de la taille effective du même échantillon). Sable de fracturation ou de soutènement : sable à particules arrondies ne contenant que de petites quantités d'impuretés telles que le feldspath, l'argile et la calcite (teneur de < 0,3 %, soluble dans le HCl). Les dimensions courantes des tamis sont : de 3,35 sur 1,70 mm; de 2,36 sur 1,18 mm; de 1,70 sur 0,850 mm; de 0,425 sur 0,212 mm et de 0,212 sur 0,10 mm.

Sable de fonderie : (passant sur tamis de 200 mesh) au moins 98 % de  $\text{SiO}_2$ , avec teneurs limites en CaO et en MgO, afin de minimiser la valeur requise d'acide (ADV) – une mesure de la quantité de liant nécessaire. La taille des particules peut être déterminée en vertu de l'indice de finesse des grains de l'American Foundryman's Society (AFS), qui correspond approximativement au nombre d'ouvertures, par pouce, d'un tamis qui laisserait passer un échantillon de sable dont les grains sont de taille uniforme, c'est-à-dire la taille moyenne des grains de l'échantillon. Sable fondant (fer et acier) en morceaux, plus de 90 % de  $\text{SiO}_2$ . Sable réfractaire, de 95 à 99 % de  $\text{SiO}_2$ . Silice broyée et farine de silice, teneur en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  de < 0,10 %, en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  de < 0,38 %, en NaO de < 0,10 % et en  $\text{K}_2\text{O}$  de < 0,10 %. Les particules de la farine ont une taille moyenne de 60  $\mu\text{m}$  (micromètre). Ces deux produits doivent avoir une brillance supérieure à 89 %.

Charge d'alimentation de silicium : plus de 98,5 à 99 % de  $\text{SiO}_2$ , teneur en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  de < 0,1 à 1,5 %, en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  de < 0,15 %, aucune trace de P ou de As, teneur en CaO de < 0,2 %, MgO et LOI, morceaux de diamètre de > 2,54 cm, un point de ramollissement d'au moins 1 700 %C et un point de décrépitation de 950 %C; ferrosilicium : plus de 98 % de  $\text{SiO}_2$ , teneur en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  de < 0,2 %, en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  de < 0,4 %, en CaO et en MgO de < 0,2 % et en P de < 0,1 %, morceaux de diamètre compris entre 0,32 et 10,16 cm; carbure de silicium : plus de 99,7 % de  $\text{SiO}_2$ , teneur en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  et en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  de < 0,05 %, en CaO de < 0,01 % et en humidité de < 5 %; quartz de culture et synthétique : les concentrations de Fe et Al, des éléments de transition et des alcalins doivent être de < 100 ppm et de préférence de < 10 ppm.

---

Source : Harden, Peter W. *The Industrial Minerals HandyBook*, 3<sup>e</sup> édition, p. 188.