

## 1. ÉCONOMIE

**Il existe un large éventail d'utilisations du quartz, allant du traditionnel sable de fonderie aux applications en haute technologie, dont les cristaux de quartz synthétiques. Certains marchés sont saturés et dominés par de gros producteurs régionaux, alors que d'autres sont désormais dominés par des pays en voie de développement. Néanmoins de nombreuses applications prometteuses et en croissance signifient un besoin potentiel de nouvelles capacités de production.**

Les applications les plus prometteuses pour de nouveaux producteurs québécois touchent la haute technologie, à savoir les cristaux synthétiques et les silices spéciales. Ces silices à haute valeur ajoutée sont produites à partir de lascas, une forme de quartz brut très pure. Les applications des silices spéciales incluent les peintures, les caoutchoucs, les catalyseurs, les adhésifs, la fibre optique, les produits chimiques, les réfractaires, les encres, les piles, les produits pharmaceutiques, les cosmétiques, etc.

### Applications du quartz: prix, production et perspectives des marchés

Application	Production mondiale (2001)	Prix courants (\$US/t)	Producteurs dominants	Perspectives/tendances
<b>1. Marchés saturés</b>				
Sable de silice - fonderies - verrerie	97 Mt, (dont ~30 Mt en Amérique du Nord)	11,5-25	Quelques grands producteurs à l'échelle régionale (ex. Unimin en Am. du Nord = 40 carrières et usines)	- Concurrence des É.-U. - Fonderies: stable ou décroissance à cause du recyclage - Décroissance contenants de verre (recyclage) - Construction résidentielle en hausse? (verre plat, fibre de verre)
<b>2. Marchés stables ou à faible croissance</b>				
Métaux et alliages - silicium métal - ferro-silicium	34 Mt (dont ~4/5 de ferro-silicium)	~1 100 ~900	Chine, ex-URSS, Norvège, É.-U.	De 1996 à septembre 2001, les cours au kilo ont chuté de >1,30 à 0,88-0,95 \$US pour le ferro-silicium (50% Si) et de ~2,00 à 1,08-1,15 \$US pour le silicium métal, à cause de la production chinoise bon marché. Les usines occidentales se tournent vers le silicium métal, plus profitable que le ferro-silicium. Consommation largement fonction de l'industrie de l'acier.
Carbure de silicium	~ 1 Mt	585	Chine, Europe de l'Est, Inde, Corée, Amérique du Sud	Le dernier producteur canadien a cessé ses activités en juin 2001 (domination de la Chine: 82% des importations aux É.-U. en 1997-2000)
Tripoli	80 kt	221	É.-U.	Consommation stable, pas de nouvelles applications envisagées
<b>3. Marchés avec de bonnes perspectives de croissance</b>				
Lascas	N.D.	1 200	Brésil, Allemagne, Madagascar	Sert à fabriquer le quartz synthétique et le quartz fondu. Le prix est passé entre 1991 et 1997 de 0,85 à 1,20 \$US/kg.
Cristaux de quartz synthétiques	2 kt	461 000	Chine, Japon, Russie, É.-U.	Dépend des applications électroniques (reprise probable à moyen terme)
Silices spéciales	N.D.	~90 à 4 200	É.-U., ?	Croissance annuelle anticipée de 5,2% aux É.-U.

## 2. GÉOLOGIE-GÎTOLOGIE

**Les gisements de quartz brut comprennent les sables siliceux, les orthoquartzites, les quartzites et les gisements de quartz massifs (filoniens et pegmatites). Certains types de gîtes conviennent mieux que d'autres pour des applications spécifiques.**

Les **sables siliceux** les plus recherchés possèdent une très haute teneur en silice, un bon classement, et des grains arrondis ou subarrondis; ces sables peuvent être lavés, tamisés et purifiés à peu de frais pour répondre aux exigences des consommateurs.

Les grès quartzitiques très purs, ou **orthoquartzites**, constituent le produit de périodes d'érosion prolongées et d'un long transport sédimentaire, qui éliminent progressivement tous les minéraux sauf le quartz. Les roches sources consistent probablement en d'autres grès. On trouve des orthoquartzites dans toutes les périodes géologiques, partout dans le monde, mais les endroits où la pureté chimique justifie leur exploitation demeurent relativement rares. Les orthoquartzites peuvent être cimentées à divers degrés: une faible cimentation est préférable pour la production de sable de silice, alors que la silice en morceaux exige une forte cimentation. Taille des gisements: quelques millions de tonnes.

Les **quartzites** représentent le plus souvent des grès purs métamorphisés, et sont constituées de particules de quartz recristallisées, indurées et bien cimentées. L'altération

hydrothermale peut ajouter à la teneur en silice du grès original, mais aussi favoriser le dépôt de kaolin. La recristallisation du quartz élimine la forme originalement arrondie des grains. Ainsi, le broyage d'un quartzite produit des grains anguleux, ce qui exclut leur usage comme sable de fonderie. En revanche, certains quartzites représentent une source de silice en morceaux valable pour la fabrication de ferro-silicium et de silicium métal. Taille des gisements: quelques millions de tonnes.

Les gisements de **quartz massif** comprennent des filons ou lentilles de quartz plus ou moins stériles, d'origine hydrothermale, et des ségrégations dans les pegmatites granitiques. On peut, avec une pureté et un tonnage suffisants, tirer de ces gisements de la silice en morceaux convenant à la production de silicium métal. Les veines de quartz contenant de nombreuses inclusions fluides ne

**Spécifications générales pour la silice en fonction de divers usages**

Usages	Min. SiO <sub>2</sub> (%)	Max. Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Max. Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Max. TiO <sub>2</sub> (%)	Granulo-métrie	Remarques
Sable de verre - bouteilles: verre coloré verre blanc - verre plat	98,9 99,5 99,5	0,15 0,10 0,20	0,15 0,035 0,007	0,10 0,02 0,02	0,1-0,5 mm	Autres éléments majeurs aussi à contrôler; <2 ppm Cr/ Co pour le verre plat; Cu et Ni aussi à éviter
Sable de fonderie	88,0- 99,0		Variable		0,08-0,85 mm	Teneur en SiO <sub>2</sub> très élevée autant que possible; grains de quartz semi-anguleux à arrondis
Fondant métallurgique	90-95	1,5	1,5		2-5 cm	<0,2% CaO + MgO
Fracturation hydraulique					0,4-0,85 mm	Forme des grains bien arrondie
Carbure de silicium (SiC)	99,3 99,7	0,08- 0,25	0,03- 0,20		0,15 mm	Spécifications selon le type de carbure produit (noir ou vert); <0,01% CaO, <5% humidité
Silicium: - métallurgique - chimique	99,5 99,8	0,20 0,10	0,10 0,05	0,006 0,005	0,17-1,7 mm <sup>1</sup> ou >2,5 cm <sup>2</sup>	Résistance choc thermique essentielle; phosphore & arsenic à éviter tot.; <0,2% CaO & MgO
Ferro-silicium	98,7	0,60	0,30	0,05	0,17-1,7 mm <sup>1</sup> ou 2-12 cm <sup>2</sup>	Résistance au choc thermique essentielle; <0,2% CaO & MgO, <0,1% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Fibre de verre: - isolant - textile	98,1 99,2	0,52 0,60	0,50 0,04	0,05	~ 0,1-0,4 mm	CaO+MgO <0,16% CaO+MgO <0,20%
Silicate de soude	99,4	0,20	0,05	0,05	0-6 mm	CaO+MgO <0,05%
Lascas		<100 ppm Al	<100 ppm Fe		Quelques cm	Fe, Al, éléments de transition et alcalins <100 ppm, mais préférablement <10 ppm

<sup>1</sup> Source: Jacob (2000)

<sup>2</sup> Source: Harben et Kužvart (1997)

sont pas adaptées à la production de verre, sauf si ces inclusions ont été décrépitées lors du métamorphisme. Le quartz hydrothermal extrêmement pur, une fois broyé grossièrement et trié à la main, peut être vendu comme lascas. Taille des gisements: quelques centaines de milliers de tonnes.

Les gisements de quartz brut doivent généralement être situés près des marchés pour être rentables: le transport se fait donc surtout à l'échelle régionale. Dans le cas des sables siliceux (industries du verre et fonderies), le producteur doit idéalement être situé tout près d'une usine de transformation. Le lascas constitue la seule exception: on l'exporte du Brésil, du Madagascar et de l'Allemagne vers les États-Unis. Une production québécoise de lascas pourrait donc intéresser les usines de silice fondue et de cristaux synthétiques situées aux États-Unis.

### 3. EXPLORATION

***Dans la mesure où l'exploitation doit se faire à proximité des marchés dans presque tous les cas, il devient souhaitable d'explorer les marchés avant de débiter la prospection pour les gisements. Les travaux à effectuer pour l'exploration et la mise en valeur varient selon le type de gîte et l'application souhaitée.***

Une fois la région et les clients potentiels choisis, on pourra s'attaquer à la prospection minérale en tant que telle. La première étape consiste généralement en une recherche bibliographique accompagnant l'examen de cartes géologiques. Ceci permettra d'identifier les gîtes connus et les secteurs à fort potentiel.

Pour les gisements de **sables siliceux**, des analyses chimiques et granulométriques s'avèrent nécessaires. On devra aussi mesurer l'arrondi des grains, leur tri et le degré d'uniformité. L'épaisseur de sable et la profondeur de la nappe phréatique seront déterminés à partir de tranchées pour les dépôts de faible épaisseur (moins de 9 m), et par forage à la tarière pour les dépôts plus épais.

Dans le cas des **orthoquartzites** et des **quartzites** métamorphiques, il s'agit d'identifier un horizon ou une bande de nature

particulièrement pure possédant une épaisseur suffisante. Des décapages ou des tranchées sont souvent nécessaires à cette étape. Pour identifier une zone très pure, on procédera d'abord par inspection visuelle, puis par des analyses pétrographiques ou géochimiques. Des analyses prometteuses inciteront à effectuer un échantillonnage en vrac. Ceci permettra de réaliser des tests de traitement du minerai, qui s'avèrent nécessaires pour vérifier quelles opérations de traitement permettront d'atteindre les spécifications physiques et chimiques pour l'application projetée. Pour le silicium métal ou le ferrosilicium, il est primordial de procéder très tôt à des tests de décrépitation. Enfin, une campagne de forages carottés sera menée afin de vérifier la continuité de l'horizon pur ou de la bande pure, et de calculer le tonnage du gisement.

Dans le cas des gîtes de **quartz massif** destinés à la production de lascas, des analyses chimiques très précises s'imposent, afin de vérifier que le gîte respecte des spécifications particulièrement sévères. Sinon, les méthodes utilisées se rapprochent de celles mentionnées pour les quartzites et orthoquartzites.

### 4. POTENTIEL AU QUÉBEC

***Le Québec, avec 500 000 à 600 000 tonnes par année depuis 1990, représente un important producteur canadien de silice. Pour percer, toute nouvelle exploitation devra probablement être de pureté exceptionnelle et destinée à des applications prometteuses. Le lascas produit à partir de quartz hydrothermal constitue un bon exemple.***

Le Québec compte de nombreux gisements de silice dans des formations d'orthoquartzite. La Formation de Cairnside (région de Montréal), la Formation de Guigues (Témiscamingue), de même que les formations de Val Brillant et de Kamouraska (Gaspésie) font l'objet d'une exploitation et présentent un bon potentiel pour d'autres carrières. Parmi les nombreuses lentilles de quartzites répertoriées dans le Grenville, certaines ont aussi été travaillées ou présentent un certain potentiel.

Les gisements de **quartz massif**, comprenant les gîtes de quartz filonien et ceux

associés aux pegmatites, sont relativement nombreux au Québec. Des lentilles et des veines de quartz pur de grande dimension ont été mises en évidence dans les Appalaches, le Grenville et le Supérieur. Quelques unes ont fait l'objet d'une exploitation, avec des teneurs en quartz très élevées (souvent >99,5% SiO<sub>2</sub>)

et relativement peu d'impuretés. Il s'agit donc de bons gisements pour les applications de quartz en morceaux demandant une grande qualité chimique; néanmoins les tonnages restent bien inférieurs à ceux rencontrés dans les orthoquartzites et les quartzites.

#### Quartzites et orthoquartzites

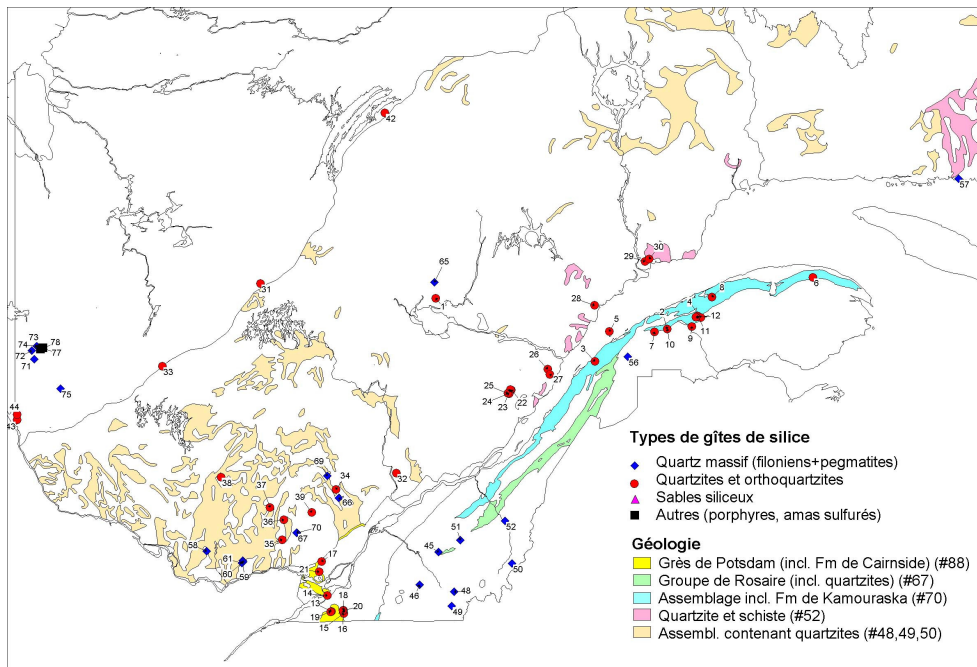
1	Lac Moreau	28	Forestville	54	Saint-Ludger
2	Awantjish	29	Lac Croche/Lafèche	55	Colline Watshishou
3	Carrière G. Dubé	30	Lac La Chesnaye	56	Île à la Mine
4	Colline de La Tortue	31	Lac Trompeur	57	Mont Blanc
5	Fleuriau	32	Lac Clair	58	Gendron (Gendron Quartz)
6	Mine de Grande-Vallée	33	Lac Ha! Ha!	59	Mine Black
7	Lac Rigo-No	34	Silice Supérieure-2	60	Mine Parcher
8	Saint-Jean-de-Cherbourg	35	Carrière Saint-Rémi-d'Amerst	61	Mine Pedneau
9	Saint-Tharcisius	36	Clyde (Dominion Silica)	62	Mine Templeton
10	Silice de Val-Brillant	37	Loranger	63	Lac Bouchette
11	Tessier	38	Mine Baskatong (Lac Baskatong)	64	Lac Moreau
12	Uniquartz	39	Mine St-Donat (Unimin)	65	Lac Noir (Quebec Silica)
13	Carrière Arcoite	40	Lac Daigle	66	L. Champagne
14	Carrière Chromasco (Melocheville)	41	Lac Moiré	67	Lac Cordon
15	Car. Montpetit	42	Colline Blanche	68	Lac Baskatong
16	Carrière Radius Exploration	43	Carrière de la Baie Joannes	69	Silice Supérieure-1
17	Carrière Saint-Canut / Unimin	44	Saint-Bruno-de-Guigues	70	Ste-Agathe-des-Monts
18	Carrière de Ste-Clotilde (Les Sables Silco)			71	Mine Beaudry
19	Carrière Schink			72	Macanda (Macanda Copper)
20	Propriété En-Ola			73	Mine Powell-Rouyn
21	Sainte-Scholastique			74	Mine Peel-Elder
22	Carrière Silicium Gex			75	Clerion
23	Carrière SKW Canada				
24	Lac Profond				
25	Saint-Urbain (Leeds Metals/Lac de la Tour)				
26	Lac Druillettes				
27	Lac Port-aux-Quilles				

#### Quartz massif (veines, pegmatites)

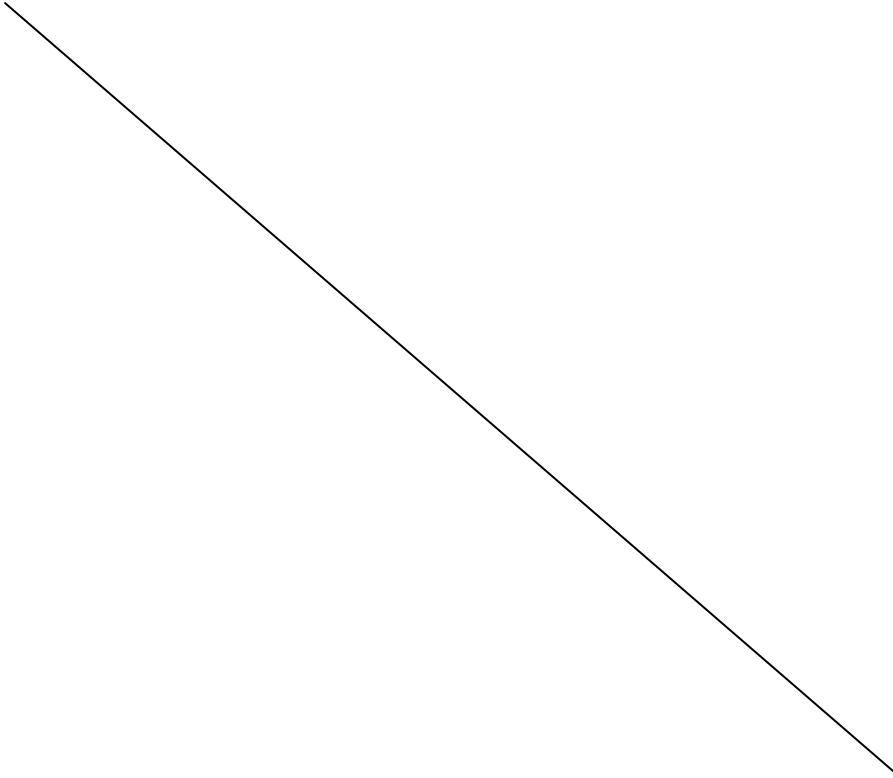
45	Claims Turgeon
46	Kébec Cristal (Adam)
47	Ménard
48	Mine Beaudoin
49	Mine Bourque
50	Mine Dupuis-Veilleux
51	Propriété Bouffard
52	Rapides du diable
53	Sainte-Edwidge

#### Autres types

76	Mine Silice Madeleine (Sandy Hook)
77	Mine Joliet Quebec
78	Mine Don Rouyn



**Carte thématique du sud du Québec (modifiée du DV 2001-07) montrant les assemblages lithologiques contenant des quartzites et des orthoquartzites (les numéros correspondent à ceux du DV 2001-07), et la position des gîtes de silice connus. La Formation de Val Brillant dans les Appalaches et celle de Guigues au Témiscamingue n'ont pu être représentées. L'assemblage #70 comprend le Groupe de Trois-Pistoles (dont le sommet est la Formation de Kamouraska) ainsi que d'autres groupes et formations constituées de grès, mudrock, conglomérat et calcaire.**



## Tableau en version word si problème avec l'image utilisée en p. 2 :

### Spécifications générales pour la silice en fonction de divers usages

Usages	Min. SiO <sub>2</sub> (%)	Max. Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Max. Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Max. TiO <sub>2</sub> (%)	Granulo- métrie	Remarques
Sable de verre						
- bouteilles:						Autres éléments majeurs aussi à contrôler; <2 ppm Cr/ Co pour le verre plat; Cu et Ni aussi à éviter
verre coloré	98,9	0,15	0,15	0,10	0,1-0,5 mm	
verre blanc	99,5	0,10	0,035	0,02		
- verre plat	99,5	0,20	0,007	0,02		
Sable de fonderie	88,0- 99,0		Variable		0,08-0,85 mm	Teneur en SiO <sub>2</sub> très élevée autant que possible; grains de quartz semi-anguleux à arrondis
Fondant métallurgique	90-95	1,5	1,5		2-5 cm	<0,2% CaO + MgO
Fracturation hydraulique					0,4-0,85 mm	Forme des grains bien arrondie
Carbure de silicium (SiC)	99,3 99,7	0,08- 0,25	0,03- 0,20		0,15 mm	Spécifications selon le type de carbure produit (noir ou vert); <0,01% CaO, <5% humidité
Silicium:						
- métallurgique	99,5	0,20	0,10	0,006	0,17-1,7 mm <sup>1</sup> ou >2,5 cm <sup>2</sup>	Résistance choc thermique essentielle; phosphore & arsenic à éviter tot.; <0,2% CaO & MgO
- chimique	99,8	0,10	0,05	0,005		
Ferro-silicium	98,7	0,60	0,30	0,05	0,17-1,7 mm <sup>1</sup> ou 2-12 cm <sup>2</sup>	Résistance au choc thermique essentielle; <0,2% CaO & MgO, <0,1% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Fibre de verre:					~ 0,1-0,4 mm	
- isolant	98,1	0,52	0,50			CaO+MgO <0,16%
- textile	99,2	0,60	0,04	0,05		CaO+MgO <0,20%
Silicate de soude	99,4	0,20	0,05	0,05	0-6 mm	CaO+MgO <0,05%
Lascas		<100 ppm Al	<100 ppm Fe		Quelques cm	Fe, Al, éléments de transition et alcalins <100 ppm, mais préférablement <10 ppm

<sup>1</sup> Source: Jacob (2000)

<sup>2</sup> Source: Harben et Kužvart (1997)