

Graphite

Michel Dumont

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

Le graphite est une matière brute qui possède une gamme exceptionnelle de propriétés physiques et chimiques. Il existe un bon nombre de minéraux d'aspect semblable à celui du graphite, mais les propriétés intrinsèques de ce dernier permettent de le distinguer facilement.

En pratique, on peut établir des catégories de graphite selon le processus de formation du minéral, qui peut ainsi se présenter sous trois formes physiques distinctes. Ce sont le graphite amorphe (microcristallin) dont la teneur en carbone varie entre 70 et 85 %, le graphite en paillettes qui contient de 80 à 98 % de carbone, et le graphite cristallin (en blocs, de nature filonienne ou sous forme de filon cristallin), dont la concentration de carbone se situe dans la fourchette de 90 à 99 %.

Le graphite en paillettes (c'est-à-dire des lamelles plates, équivalant à des grains dont le diamètre se situe entre 2,5 cm et moins de 1 mm) se répartit en deux catégories granulométriques, soit les paillettes grossières (granulométrie de -20 à +100 mesh) et les paillettes fines (granulométrie de -100 à +325 mesh). Le graphite cristallin, quant à lui, se présente sous plusieurs formes qui vont des éclats et des poussières aux blocs grossiers ou cristallins, en passant par des blocs fins ou amorphes.

Le terme « paillettes » est parfaitement explicite, car le graphite de ce type se retrouve disséminé sous forme de lamelles dans des roches. Le graphite en blocs se présente sous forme de veines de comblement de fissures de dykes pegmatitiques; il est aussi associé avec des éclats de graphite et avec la forme plus rare de graphite aciculaire (en forme d'aiguille). Le graphite amorphe se trouve dans d'anciennes couches de houille, mais la catégorie du graphite amorphe comprend aussi du graphite filonien à grains fins qui peut être facilement moulu.

Toutes les formes de graphite possèdent une structure cristalline donnée, mais la catégorie commerciale du graphite cristallin, un terme utilisé aux fins de droits d'importation, ne comprend que certains types donnés de graphite dont les particules ont une taille bien déterminée. Le graphite naturel, la forme minérale du carbone graphitique, se retrouve partout dans le monde. C'est sa structure cristalline principalement hexagonale et lamellaire qui le distingue des autres allotropes du carbone, soit le charbon et le diamant. Le minerai de graphite contient généralement des minéraux silicatés associés, dont la nature et la concentration dépendent de l'origine géologique.

Le graphite synthétique (ou graphite artificiel), dont le taux de cristallinité est inférieur à celui du graphite naturel, mais qui est plus pur que ce dernier, est fabriqué sous trois formes. Le graphite synthétique primaire (ou électrographite), dont la teneur en carbone est de 99,9 %, est fabriqué à grande échelle dans les fours électriques à partir de coke de pétrole et de brai de houille calcinés (il sert à fabriquer des électrodes et des balais en carbone). Le graphite synthétique secondaire, qui est offert sous forme de poudre ou de débris, est obtenu par chauffage de brai de pétrole calciné (il est utilisé dans l'industrie des matières réfractaires). Les fibres de graphite sont fabriquées à partir de précurseurs organiques, par exemple la rayonne ou le polyacrylonitrile et du brai de goudron (elles servent de charges renforçantes dans les composites polymères utilisés dans les articles de sport et les produits de l'industrie aérospatiale). Le graphite synthétique a une moins bonne résistance mécanique que le graphite naturel, en raison de sa porosité, de la petite taille des paillettes obtenues et de la teneur en carbone qui n'est pas idéale.

Le graphite naturel est un minéral noir et luisant constitué de carbone, cristallisé dans le système hexagonal, avec une symétrie rhomboédrique. Le graphite en paillettes est opaque, flexible et sécable, et il présente un clivage parfait parallèle à certaines faces cristallographiques. Le graphite naturel est gras et relativement tendre; il possède une dureté de 1 à 2 sur l'échelle de Mohs. Il laisse un trait noir sur la porcelaine vitrifiée. Sa densité est de 2,26 g/cm³. La molybdénite, que l'on confond souvent avec le graphite, est plus dense et ne laisse pas de traces, et de plus, elle est de couleur argent bleuté métallique. Le graphite est un bon exemple de matériau dont les propriétés les plus connues ne constituent que « la partie émergée de l'iceberg ». Ainsi,

de grandes quantités de graphite servent à fabriquer des crayons « à mine de plomb », qui sont désignés par cette expression parce que la couleur du graphite est semblable à celle du plomb, alors qu'en réalité, ces mines sont constituées d'un mélange de graphite et d'argile.

Le graphite possède aussi des propriétés de métal et de non-métal, ce qui en fait un minéral de choix pour plusieurs applications industrielles. Parmi ses propriétés métalliques, on compte la conductivité électrique et thermique, alors que ses propriétés de non-métal comprennent une résistance thermique élevée, une nature inerte et son pouvoir lubrifiant (ou lubrifiante).

Les nombreuses propriétés utiles du graphite permettent de l'employer pour fabriquer une vaste gamme de produits (ce dont témoigne le site Web d'une société canadienne : « [...] trente applications différentes, mais des centaines de formulations [...] »). Il est naturellement gras, ce qui en fait un bon lubrifiant sec, et il est utilisé dans les crayons ordinaires et les crayons à dessin parce qu'il laisse facilement une marque. La combinaison de son pouvoir lubrifiant et de sa conductivité électrique permet de l'utiliser dans les balais de moteurs et de génératrices, alors que son excellente résistance à l'altération ambiante et sa nature inerte en font un pigment de qualité pour les peintures industrielles. La solubilité du graphite dans le fer en fusion permet de l'utiliser pour accroître la teneur en carbone de l'acier, et l'on emploie le graphite aussi comme revêtement de moule de fonderie en raison de son piètre degré de mouillage par la plupart des métaux et alliages. Ce minéral possède une bonne conductivité thermique, mais sa combustion est lente et il conserve une bonne résistance mécanique dans une large plage de températures, ce qui explique que le graphite est incorporé aux produits réfractaires tels que les creusets, les briques à base de carbone et de magnésie, des matériaux de coulée en continue et des bouchons de poche d'acier. Parmi les autres propriétés d'intérêt, mentionnons l'hydrophobicité et la charge négative du graphite, et le fait qu'il forme des émulsions du type eau-huile, possède une faible sensibilité photoélectrique, absorbe le rayonnement infrarouge et est très diamagnétique. Par conséquent, le graphite possède une excellente conductivité thermique et électrique et un point de fusion élevé, soit 3500 °C. Le graphite constitue une substance extrêmement résistante aux acides, chimiquement inerte et fortement réfractaire.

GISEMENTS DE GRAPHITE AU CANADA

Au Canada, les gisements de graphite dont l'exploitation pourrait être économiquement rentable se situent principalement dans des roches de la série de Grenville, dans l'Est du pays. Le minéral se présente sous forme de paillettes et de filons cristallins disséminés. La plupart des gisements canadiens de graphite sont associés à des gneiss graphi-

tiques et à des calcaires cristallins, qui ont subi un métamorphisme de contact lié à des phénomènes tectoniques tels que des plissements, des compressions et des fracturations, ainsi qu'à des intrusions pegmatitiques. Les zones minéralisées les plus riches se présentent comme une série de filons ou de corps lenticulaires qui disparaissent progressivement dans la roche hôte adjacente non graphitique et qui sont bordés de lentilles de minerai de moindre teneur.

On a signalé la présence de gisements de graphite en paillettes fines à grossières, principalement au Québec et en Ontario, mais également au Nouveau-Brunswick, en Nouvelle-Écosse, en Saskatchewan, au Labrador et en Colombie-Britannique. Les indices minéralisés les plus importants sont logés dans des gisements métasomatiques-hydrothermaux et des roches sédimentaires qui ont subi un métamorphisme régional ou thermique. Les roches dans lesquelles se trouvent le plus fréquemment des gisements de graphite exploitables sont le marbre, le gneiss et le schiste.

Au Québec, les gisements de graphite longent surtout la série de Grenville dans plusieurs cantons de l'Ouest de la province, soit ceux de Buckingham, d'Argenteuil et de Pontiac. La variété dominante est le graphite en paillettes disséminé dans des gneiss à biotite et des calcaires cristallins associés au quartzite à biotite; toutefois, la variété filonienne a également été observée le long du contact entre les roches intrusives et le calcaire cristallin. Les indices minéralisés de graphite sont associés à des roches métasédimentaires qui ont subi plusieurs déformations et où le métamorphisme a atteint le faciès des amphibolites ou des granulites.

On trouve également du graphite dans le canton d'Esmanville, au sud de Fermont. Plusieurs zones schisteuses riches en graphites, mesurant de 1 à 25 m d'épaisseur, sont interstratifiées avec des gneiss quartzo-feldspathiques. Certaines zones graphitiques contiennent par endroits plus de 15 % de graphite sous forme de fines paillettes bien cristallisées.

D'autres gisements de graphite sont localisés dans plusieurs cantons de l'Est de l'Ontario, dans des roches de la province géologique de Grenville. Le graphite en paillettes y est disséminé dans des marbres et des gneiss. Les occurrences les plus intéressantes sont observées dans des unités de gneiss semi-pélitiques et pélitiques au sein de séquences de paragneiss. La teneur en graphite peut atteindre 10 %. Les minéraux accessoires sont la biotite, le grenat et la pyrite; dans ces roches graphitiques, les éléments-traces sont le nickel, le cobalt, le bore et le vanadium.

Le Sud-Est de la Colombie-Britannique recèle les gisements de graphite des vallées de Hoder Creek et de Little Slocan River, situés dans la zone du régolite; les roches

hôtes ont principalement subi un métamorphisme du calcaire au marbre (ou en d'autres métasédiments calcaires). Les granites présents dans le batholite ont subi un métamorphisme qui les a transformés en gneiss hybrides ou mixtes. Ces roches sédimentaires métamorphosées calcosilicatées sont de nature régionale (ce qui est typique des gisements de graphite cristallin) et contiennent de nombreux indices minéralisés de graphite. Dans la région de Bentick Arm, dans le centre-Ouest de la côte, les traces de graphite se présentent sous forme de petites paillettes minces largement dispersées dans du gneiss riche en quartz; le sous-sol de cette région est constitué de roches métavolcaniques pénétrées de granodiorite lamellaire.

PRODUCTION CANADIENNE DE GRAPHITE

Jusqu'à tout récemment, il n'existait qu'un seul producteur de graphite naturel au Canada. En vertu d'une entente de non-divulgaration signée avec celui-ci, le ministère des Ressources naturelles (RNCAN) n'est pas autorisé à publier les valeurs de production et les données connexes d'une autre nature.

En tenant compte des mises en production survenues en 2004, il existe présentement trois exploitations de gisements de graphite au Canada. Un autre projet a atteint la dernière phase des divers travaux d'analyse avant la mise en production.

Québec

Stratmin Graphite Inc., qui est depuis peu connue sous la nouvelle raison sociale de Timcal Canada (une division de l'unité fonctionnelle « Timcal Graphite » de la société française Imerys SA), exploite, près de Mont-Laurier, la mine de graphite Lac-des-Îles, d'une capacité de production nominale de 25 000 t/a. La société a amorcé l'exploitation d'une nouvelle fosse en octobre 2002, mais elle a par la suite réduit la production de 25 % en 2003. Afin de diversifier la production, elle a construit, au coût de 10 millions de dollars américains (M\$US), une usine de traitement à Terrebonne, près de Montréal. On y produira du graphite à valeur ajoutée (graphite expansé) à partir de graphite naturel importé et de celui extrait et traité aux installations de Lac-des-Îles. Celles-ci continueront toutefois d'assurer la concentration mécanique du graphite, qui permet d'en accroître la teneur en carbone à 98,8 %, et l'emballage de certains produits, surtout ceux de qualité réfractaire.

En ce qui concerne les projets ayant atteint l'étape de la mise en valeur, Quinto Technology Inc., de Delta (C.-B.), exécute présentement des travaux de cette nature visant un gisement de graphite sur la propriété dite du lac Guéret, au Québec. Le projet d'exploitation du gisement de graphite

est réalisé dans le cadre d'une coentreprise à parts égales de Quinto et de SOQUEM INC. (une filiale en propriété exclusive de la Société générale de financement du Québec [SGF]). La propriété est située dans le Sud-Est du Québec, à 300 km au nord-nord-ouest de Baie-Comeau, sur la rive Sud-Ouest du réservoir Manicouagan.

Ontario

Industrial Minerals Inc. (IMI) de Mississauga a entrepris, en 2004, l'exploitation de l'usine de broyage et de traitement de graphite de Bissett Creek, située dans le Nord-Ouest du canton de Maria, près de Deep River (à 240 km à l'ouest d'Ottawa et à 100 km à l'est de North Bay). Les ressources prouvées du gisement totalisent quelque 640 000 t de graphite, sous forme de paillettes grossières, de granulométrie de -12 à +80 mesh. L'usine de Bissett Creek, d'une capacité de production nominale de 20 000 t/a, utilise un procédé de traitement par voie sèche et offre deux catégories de produits dont la teneur en carbone graphitique est respectivement de 85 % et 94 %.

Colombie-Britannique

En 2004, la Crystal Graphite Corp (CGC) de Vancouver a aussi réalisé la mise en exploitation de son usine d'enrichissement du minerai extrait du gisement de graphite de grande pureté Black Crystal, à proximité du lac Slokan, au nord-ouest de Nelson. Les travaux d'extraction en carrière, de transport et, dans une certaine mesure, de traitement sont donnés en sous-traitance. Au cours des premières années de production, on utilisera la méthode actuelle d'exploitation du gisement, soit l'extraction à ciel ouvert. Par après, la société prévoit utiliser la méthode des chambres et piliers afin d'avoir accès à l'ensemble des ressources. À long terme, la capacité de production nominale de la mine, pour une durée de vie de 20 ans, sera de 300 000 t/a de minerai tout-venant, ce qui permettra de produire 8000 t/a de graphite de grande pureté. La plupart des efforts déployés par la CGC visent des marchés de produits à valeur ajoutée ayant des débouchés durables comme les piles à combustible. Le prix des produits vendus (d'une teneur en carbone de 97,5 à 99 % et d'une granulométrie de -50 à +150 mesh) a atteint 2500 \$/t. La CGC considère que la répartition éventuelle de sa production pourrait être de 85 % de produits de graphite pour piles à combustible et de 15 % de particules fines de graphite ayant d'autres applications. La société a aussi conclu une entente avec plusieurs producteurs de la Chine, laquelle lui permettra d'avoir accès à un approvisionnement sûr en feuilles de graphite et en graphite expansé qui seront distribués avec les produits du gisement Black Crystal sur les marchés nord-américains.

Selon l'étude de 2003 portant sur le graphite, réalisée par la Geological Survey des États-Unis, la production mondiale de graphite naturel a fléchi de quelque 3 % de 2003 à 2004, passant de 763 000 à environ 742 000 t. La Chine

occupe toujours le premier rang mondial, sa production de graphite s'étant élevée à 450 000 t, soit 61 % de la production mondiale. Suivaient, par ordre décroissant de production, l'Inde (110 000 t), le Brésil, le Canada, la Corée du Nord, la République tchèque, le Mexique et la Turquie. La production de ces huit pays totalise plus de 96 % de la production mondiale de graphite. Le Sri Lanka, dont la teneur moyenne en graphite des gisements serait de 95 %, continue de produire presque tout le graphite en blocs de grande pureté.

EXPLOITATION MINIÈRE

Les gisements de graphite sont habituellement situés à la surface du sol ou à proximité de celle-ci et exploités par des méthodes d'extraction à ciel ouvert. L'exploitation souterraine du graphite n'est effectuée que si la teneur et la structure du minerai la justifient. Tous les producteurs de graphite ayant actuellement des gisements en exploitation utilisent des méthodes d'extraction à ciel ouvert. Au début du XX^e siècle, l'exploitation souterraine du graphite était cependant assez courante dans l'Est de l'Ontario et la région de Buckingham (Qc), la profondeur des puits de ces mines pouvant atteindre 80 m ou plus.

TRAITEMENT

Dans certains pays, la récupération du graphite en paillettes de structure massive est effectuée par triage manuel ou scheidage, mais le graphite en paillettes du Canada est trop disséminé pour faire de même. Généralement, la production de graphite au Canada exige d'utiliser à la fois des méthodes précises de broyage et de criblage pour récupérer des paillettes grossières et des procédés de flottation pour récupérer du graphite fin. Dans certains cas, les concentrés obtenus par flottation subissent un traitement d'enrichissement supplémentaire par tablage, afin d'éliminer les minéraux de la gangue tels que le quartz, le mica, la hornblende, des feldspaths, la calcite et des sulfures de métaux communs.

Les impuretés ont tendance à flotter avec le graphite, car sa faible dureté lui confère une aptitude à enduire et recouvrir les particules d'impuretés minérales lors du broyage, celles-ci devenant alors de nature semblable au graphite et adoptant un comportement similaire. On observe particulièrement ce phénomène lors du traitement de minerais à particules fines qui exigent un broyage important.

La fragmentation est habituellement exécutée à l'aide de concasseurs à mâchoires, à cône ou du type broyeur à marteaux, et le criblage servant à récupérer les paillettes grossières ou à éliminer les impuretés grossières de haute dureté, en utilisant des trommels ou des cribles vibrants. Il est possible de récupérer le graphite en paillettes fines à moyennes en employant des concasseurs à cylindres ou

des broyeurs à boulets, à cylindres ou à jet, puis en effectuant des traitements additionnels de criblage, de classification pneumatique, de tablage par voie humide ou de flottation.

La nature du graphite le fait flotter et des particules aussi grossières que celles de 1 mm de diamètre peuvent flotter dans un milieu dont le pH est légèrement alcalin. Les produits les plus couramment utilisés comme collecteurs sont l'essence de pin et le kérosène, habituellement sous forme de mélanges. L'agent moussant à base d'alcool joue le rôle de collecteur primaire, et le kérosène ou le mazout sert de réactifs collecteurs pour récupérer les mixtes de graphite n'ayant pas été libérés. Les procédés de flottation sont relativement rapides et de multiples étapes de nettoyage sont nécessaires pour obtenir un taux de récupération de 80 à 85 %; la récupération peut être améliorée en exécutant des traitements supplémentaires de broyage et de flottation, mais tout broyage ultérieur doit être réalisé avec soin afin d'éviter l'enduction des minéraux de la gangue et la production subséquente de schlamms fins de graphite.

Parmi les modificateurs et les dépresseurs qui sont utilisés pour accroître la sélectivité des traitements, on compte le silicate de sodium, qui sert de dépresseur de quartz et de dispersant de schlamms fins, ainsi que l'acide lactique ($C_3H_6O_3$), qui est employé comme dépresseur de mica.

On peut obtenir du graphite d'une pureté de 99 % de carbone par divers traitements chimiques, notamment la chloration et la fluoruration.

Le graphite synthétique, qui est surtout fabriqué aux États-Unis, est obtenu à partir d'un mélange d'une charge à base de coke de pétrole ou d'anthracite, d'un liant à base de brai de pétrole ou de goudron de houille, ainsi que de divers produits d'imprégnation ou additifs. La charge de coke ou d'anthracite, qui doit avoir une teneur minimum en carbone de 95 % et une faible teneur en soufre, est d'abord calcinée, afin d'en extraire les composés volatils, puis broyée, mélangée avec le liant et d'autres substances, et enfin moulée selon la forme requise. Le produit intermédiaire, qui est appelé « charge verte » (*green stock* ou *green bar*, en anglais) dans le domaine de la production du graphite, est ensuite soumis à un traitement de cuisson, dans un intervalle de températures de 800 à 1000 °C, afin de transformer le liant à base de brai en coke et de renforcer le produit moulé. Ce dernier est ensuite soumis à un traitement de « graphitisation », en le faisant chauffer dans un four électrique, pendant une période prolongée, à des températures de 2600 à 3000 °C. Le produit refroidi est usiné pour fabriquer des articles ayant les dimensions requises (par exemple, pour la production d'électrodes, le produit est moulé sur des tours en vue d'obtenir une électrode ayant le diamètre approprié et pouvant être utilisée comme additif dans les procédés de fabrication de produits du fer et d'élaboration d'aciers).

UTILISATION ET COMMERCE

Selon les résultats de l'enquête volontaire de 2004 de RNCAN portant sur l'utilisation des minéraux non métalliques dans les usines canadiennes, l'utilisation du graphite au Canada a atteint 14 674 t en 2003, soit une hausse de 4 % par rapport à 2002 (14 137 t). De ces 14 674 t utilisées (tableau 3), la proportion de graphite naturel est de 25,1 % (3681 t) et celle de graphite synthétique, de 74,9 % (10 993 t). Le graphite naturel est surtout utilisé comme revêtement de four de fonderie (65 %) et le pourcentage restant signalé (35 %) sert à diverses autres applications (c'est-à-dire la production de garnitures de frein, de produits chimiques et d'abrasifs, l'élaboration d'acier de première fusion, etc.).

En ce qui a trait au commerce canadien (tableau 2), les données de Statistique Canada indiquent que la valeur des exportations canadiennes de graphite ont augmenté de 31 % en 2004, pour atteindre 33,5 M\$, comparativement à 25,5 M\$ en 2003. De ces 33,5 M\$ d'exportations, la valeur de graphite naturel se chiffrait à 17,8 M\$ (24 707 t), alors que le reste était constitué de produits réfractaires et de balais en carbone ou en graphite. Les États-Unis constituaient le principal marché d'exportation de graphite naturel du Canada, la valeur des exportations de ce produit étant de 11,9 M\$ (14 257 t). D'autre part, les importations canadiennes de graphite se sont élevées à 49,5 M\$ en 2004, soit une hausse de 42,7 % par rapport aux 34,7 M\$ de 2003. De ce nombre, la valeur des importations de graphite naturel s'établissait à 4,3 M\$ (4892 t), la différence correspondant à la valeur des importations de produits réfractaires et de balais en carbone ou en graphite. Les importations de graphite naturel provenant des États-Unis ont accusé une baisse de valeur de 2,3 M\$ et se sont chiffrées à 1,8 M\$ (3246 t) en 2004, même si le volume des exportations s'est accru par rapport à celui de 2003 (2183 t). Les importations d'autres produits de graphite provenaient aussi en grande partie de ce pays. Il convient de signaler que, selon l'étude de 2003 de la Geological Survey des États-Unis portant sur le graphite, aucune production de graphite naturel n'a été rapportée dans ce pays en 2003.

Les importations de graphite naturel aux États-Unis ont augmenté de 16 % en 2003 et se sont élevées à 52 300 t, comparativement à 45 100 t en 2002. La plus grande partie des importations provenaient de la Chine (46 %) et du Mexique (20 %). Les données de l'étude de la Geological Survey indiquent que l'utilisation de graphite naturel aux États-Unis a fléchi de 3 %, passant de 39 400 t en 2002 à 38 200 t en 2003. Cette année-là, trois grands secteurs industriels occupaient toujours une position dominante et totalisaient plus de 55 % de l'utilisation globale de graphite aux États-Unis. Ce sont les secteurs de la production de garnitures de freins, de la fabrication de produits réfractaires et de l'élaboration de l'acier. Quant aux secteurs des fonderies et des lubrifiants, ils totalisaient près de 16 % de l'utilisation de graphite aux États-Unis.

La production signalée de graphite synthétique aux États-Unis a quant à elle atteint 236 000 t ayant une valeur estimée de 625 M\$US.

FACTEURS LIÉS À LA PRODUCTION ET AUX MARCHÉS

Les principaux pays producteurs, selon le type de graphite et par ordre décroissant d'importance, sont les suivants :

- graphite en paillettes – la Chine, l'Ukraine, le Brésil, le Canada, Madagascar, le Zimbabwe et la Norvège;
- graphite microcristallin (amorphe) – la Chine, la Corée du Sud, le Mexique, la République tchèque, l'Autriche, la Corée du Nord, la Russie et le Zimbabwe;
- graphite en blocs – le Sri Lanka.

Selon le numéro d'octobre 2003 de la revue *Industrial Minerals*, les produits réfractaires et les matériaux de friction, les produits de fonderies et les lubrifiants constituent les plus importantes applications du graphite. Les producteurs de graphite ne devront toutefois pas perdre de vue certaines nouvelles applications d'intérêt, notamment l'emploi de graphite naturel dans les dissipateurs de chaleur pouvant être utilisés pour refroidir, entre autres, les composants électroniques d'ordinateurs, de serveurs et de dispositifs d'alimentation en énergie. Il existe aussi un nouvel intérêt croissant pour l'utilisation de graphite comme charge ignifugeante ajoutée à des polymères servant de matériaux d'étanchéité et de tuyauterie.

Le marché actuel du graphite en grosses paillettes et à haute teneur en carbone connaît un cycle de forte croissance. La situation est en grande partie attribuable à la nouvelle demande de l'industrie des piles à combustible, notamment en raison de ses besoins en matière de mise au point d'électrodes et de séparateurs conducteurs pouvant être utilisés dans le secteur de l'industrie automobile. On rapporte aussi une nouvelle croissance de la demande dans le domaine des produits réfractaires à base de magnésie ou d'alumine, ainsi que de l'utilisation de graphite dans les piles à ions lithium.

La croissance future de l'industrie du graphite dépendra en grande partie des capacités des producteurs à purifier et à modifier les produits à base de graphite et de carbone. Parmi les autres facteurs clés, mentionnons l'uniformisation des spécifications et des sources d'approvisionnement, des méthodes de production et de services juste-à-temps et des programmes concertés de coopération et de développement avec les utilisateurs industriels. L'uniformité des produits et leur conformité aux spécifications constituent l'exigence de premier plan sur le marché actuel.

PRIX

Les prix établis pour les transactions réelles varient d'une région à l'autre et tiennent compte, entre autres, des quantités achetées, de l'utilisation du produit, des critères d'assurance de la qualité, de la teneur exacte du minerai acheté et des conditions de crédit. Aucune donnée n'est disponible sur les prix du secteur industriel canadien du graphite. Les exemples qui suivent, tirés de différentes sources, sont fournis afin de bien saisir les caractéristiques de ce secteur.

Selon l'étude de 2003 de la Geological Survey des États-Unis portant sur le graphite, le prix du graphite naturel n'a pas fluctué en 2003. Les prix des concentrés de graphite cristallin et de graphite cristallin en paillettes se situaient dans la fourchette de 230 à 750 \$US/t; les prix du graphite amorphe en poudre n'étaient pas disponibles. Le prix du graphite dépend des teneurs en cendres et en carbone, de la taille des cristaux et des paillettes et de la répartition des paillettes. Les prix du graphite synthétique n'étaient pas disponibles, mais la valeur unitaire moyenne des exportations de graphite synthétique est passée de 1339 dollars américains la tonne courte (\$US/t.c.) en 2002 à 1118 \$US/t.c. en 2003.

Le graphite en paillettes possède des avantages sur les autres produits, car il est vendu sur une vaste gamme de marchés et son prix est plus élevé que celui du graphite amorphe provenant du Mexique ou du graphite en blocs du Sri Lanka. Règle générale, le prix du graphite en paillettes de plus grandes tailles est le plus élevé parmi ceux des produits de graphite naturel. La valeur marchande du graphite est déterminée à partir de plusieurs critères de qualité, et ce, selon le rapport d'information de l'Industrial Minerals Inc. Voici un exemple de la fourchette de prix récents établis en fonction des spécifications de différents produits de graphite :

Prix cotés, coût, assurance, fret, au port du Royaume-Uni	Dollars américains la tonne
Graphite cristallin en grosses paillettes, 94 % de carbone	570 à 780
Graphite cristallin en grosses paillettes, 90 % de carbone	480 à 550
Graphite cristallin en paillettes moyennes, 90 % de carbone	370 à 410
Graphite cristallin en fines paillettes, de 80 à 95 % de carbone	270 à 500
Graphite amorphe en poudre, de 80 à 85 % de carbone	220 à 235
Graphite synthétique, 99,5 % de carbone (à la frontière suisse)	2 010

PRINCIPALES UTILISATIONS

Les diverses utilisations du graphite sont restées relativement les mêmes pendant un certain nombre d'années, mais ce secteur semble sur le point de connaître un nouvel essor. On tirera, entre autres, avantage de la conductivité électrique et de la légèreté du graphite, car il existe un regain d'intérêt pour les travaux visant à rendre les

matières plastiques conductrices. Le graphite bénéficie d'avantages sur les noirs de carbone classiques, car il permet de fabriquer des produits ayant une plus basse viscosité et sa manipulation est plus propre. Parmi les produits d'utilisation finale qui émergent, mentionnons les composants de piles à combustible et de cellules énergétiques, les éléments en graphite de réacteurs nucléaires et les composés intercalaires. Dans un avenir plus lointain, on peut songer à des applications dans les domaines de la lévitation magnétique et de la synthèse de diamants à coût abordable.

À l'échelle mondiale, les plus importants utilisateurs de graphite – la Fédération de Russie, le Japon, les États-Unis, la Chine, l'Allemagne, le Royaume-Uni, l'Italie, la France et le Brésil – constituent aussi les plus grands producteurs d'acier, de métaux communs et de métaux précieux. L'utilisation totale de ces pays représenterait environ 50 % de la production mondiale de graphite; ces pays constituent aussi les plus importants utilisateurs de graphite en paillettes.

Les creusets en graphite sont utilisés dans l'élaboration de l'acier et la production de métaux non ferreux et de métaux précieux. Pour ces applications, on préfère utiliser du graphite en paillettes plutôt que du graphite microcristallin, car sa combustion est plus lente, il possède une résistance plus élevée à l'usure par frottement et il se distingue par l'orientation des paillettes, qui favorise la résistance des structures formées. Sa teneur moyenne en carbone est de 80 à 90 % et la taille moyenne des paillettes est de 0,15 mm.

En plus d'être utilisé en métallurgie, le graphite a des applications dans les industries des produits chimiques, de l'équipement mécanique, du verre et des céramiques. Il joue aussi un rôle important dans tout un éventail de technologies médicales et environnementales, ainsi que celles des transports et de la gestion de l'énergie.

Les marchés en pleine croissance comprennent (a) celui du graphite en paillettes « expansé » exfolié et laminé en feuilles (appelé graphite flexible), qui sert à fabriquer, entre autres produits, des joints et des garnitures d'étanchéité pour l'industrie automobile et des échangeurs de chaleur; (b) celui des briques de graphite à teneur élevée en alumine et en magnésie, employées dans l'industrie des produits réfractaires; (c) celui des revêtements de zircone-graphite; (d) celui des matières réfractaires composées de graphite en paillettes et de carbure de silicium; et (e) celui des matériaux de friction. Parmi les autres marchés en expansion, on trouve ceux des applications spéciales du graphite de très grande pureté, des poudres métalliques et des balais de moteur.

Les nouvelles applications, tout comme celles dont l'élaboration est en cours, entraînent une demande accrue de graphite. Il existe en particulier d'importants débouchés

pour le graphite de grande pureté et à forte teneur en carbone dans le secteur des piles et des accumulateurs, ainsi que dans celui des piles à combustible, qui pourrait connaître une croissance soutenue à long terme. Un groupe de recherche de l'Université de la Nouvelle-Galles du Sud à Sydney, en Australie, a élaboré une nouvelle forme de graphite à très haute densité qui possède quatre avantages clés sur le graphite classique, soit sa porosité, sa composition, sa conductivité électrique et sa conductivité thermique. Par rapport à celui-ci, le graphite à très haute densité peut en outre être fabriqué à de plus basses températures et le temps de traitement requis est réduit d'un ordre de grandeur.

Le domaine des **nanocomposites** constitue aussi un marché de pointe. Des techniques d'intercalation et d'expansion permettent de produire des nanopaillettes de graphite pouvant atteindre de 20 à 50 nanomètres d'épaisseur, lesquelles pourraient être utilisées dans les secteurs de l'aérospatiale, de l'automobile et des matières plastiques conductrices.

PERSPECTIVES

Selon l'étude de 2003 de la Geological Survey des États-Unis portant sur le graphite, les tendances, en matière d'utilisation du graphite dans les produits réfractaires sont étroitement liées à la conjoncture de l'industrie sidérurgique, car dans ce domaine, le minéral est surtout employé pour fabriquer les briques réfractaires des revêtements de fours d'aciéries. L'utilisation de graphite naturel dans les garnitures de freins et d'autres matériaux de friction connaîtra une croissance soutenue, parallèlement à celle de la production d'automobiles, afin de répondre à la demande accrue de pièces de rechange. C'est probablement le marché des produits de graphite flexible tels que le graphite en feuille (un mince feutre de graphite) qui connaîtra la croissance la plus rapide, même si l'utilisation de graphite naturel de ce secteur sera faible par rapport à celle des principaux marchés de produits d'utilisation finale, par exemple les garnitures de freins et les produits réfractaires.

Les gisements du Canada renferment du graphite à paillettes qui est assez facile à enrichir à plus de 90 % de carbone, et nombre d'entre eux contiennent du graphite qui peut être expansé. Les produits à base de graphite expansé se vendent à prix plus élevé et les perspectives de croissance de ces marchés sont bonnes.

Remarques : (1) Pour les définitions et l'évaluation de la production, des expéditions et du commerce des minéraux, veuillez consulter le chapitre 64. (2) Les présentes données sont les plus récentes au mois de mars 2005. (3) Ce chapitre ainsi que d'autres chapitres, y compris les éditions des années précédentes, sont disponibles sur Internet à www.rncan.gc.ca/smm/cmy/com_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	États-Unis	UE	Japon
		NPF	TPG		Canada	Taux (1)	OMC (2)
25.04	Graphite naturel						
2504.10.10	En poudre ou en paillettes, en poudre	en franchise	en franchise	en franchise	en franchise	en franchise	en franchise
2504.10.20	En poudre ou en paillettes, en paillettes	en franchise	en franchise	en franchise	en franchise	en franchise	en franchise
2504.90	Autres	en franchise	en franchise	en franchise	en franchise	en franchise	en franchise
38.01	Graphite artificiel; graphite colloïdal ou semi-colloïdal; préparations à base de graphite ou d'autre carbone, sous forme de pâtes, blocs, plaquettes ou d'autres demi-produits						
3801.10	Graphite artificiel	en franchise	en franchise	en franchise	en franchise	3,6 %	2,5 %
3801.20	Graphite colloïdal ou semi-colloïdal	en franchise	en franchise	en franchise	en franchise	4,1 à 6,5 %	2,5 %
68.15	Ouvrages en pierre ou en autres matières minérales (y compris les fibres de carbone, les ouvrages en ces matières et en tourbe), non dénommés ni compris ailleurs						
6815.10	Ouvrages en graphite ou en autre carbone, pour usages autres qu'électriques						
6815.10.20	Blocs en graphite, d'un diamètre excédant 1 m et d'une épaisseur excédant 38 cm, devant être utilisés dans la fabrication de moules à couler les roues de véhicules de chemin de fer	3 %	3 %	3 %	en franchise	en franchise	en franchise
6815.10.90	Autres	6 %	3 %	6 %	en franchise	en franchise	en franchise
69.02	Briques, dalles, carreaux et pièces céramiques analogues de construction, réfractaire, autres que ceux en farines siliceuses fossiles ou en terres siliceuses analogues						
6902.90.11	Autres, contenant 85 % ou plus, en poids, de carbone ou de graphite – briques réfractaires tampons	en franchise	en franchise	en franchise	en franchise	2 %	1,5 %
6902.90.19	Autres, contenant 85 % ou plus, en poids, de carbone ou de graphite – autres	en franchise	en franchise	en franchise	en franchise	2 %	1,5 %
6902.90.98	Autres, contenant en poids plus de 50 % mais moins de 85 % de carbone ou de graphite	en franchise	en franchise	en franchise	en franchise	2 %	1,5 %
69.03	Autres articles céramiques réfractaires (cornues, creusets, mouffles, busettes, tampons, supports, coupelles, tubes, tuyaux, gaines, baguettes, par exemple), autres que ceux en farines siliceuses fossiles ou en terres siliceuses analogues						
6903.10	Contenant en poids plus de 50 % de graphite ou d'autre carbone ou d'un mélange de ces produits	en franchise	en franchise	en franchise	en franchise	5 %	3,5 %
6903.10.10	Creusets et leurs couvercles	en franchise	en franchise	en franchise	en franchise	5 %	3,5 %
6903.10.91	Autres, contenant en poids 85 % ou plus de graphite ou d'autres formes de carbone	en franchise	en franchise	en franchise	en franchise	5 %	3,5 %
6903.10.99	Autres; autres	en franchise	en franchise	en franchise	en franchise	5 %	3,5 %
85.45	Électrodes en charbon, balais en charbon, charbons pour lampes ou pour piles et autres articles en graphite ou en autre carbone, avec ou sans métal, pour usages électriques						
8545.11.12	Électrodes des types utilisés pour fours en graphite, n'excédant pas 88,9 cm de circonférence ou de mesure extérieure – en graphite	en franchise	en franchise	en franchise	en franchise	2,7 %	3,3 %
8545.11.22	Électrodes des types utilisés pour fours excédant 88,9 cm de circonférence ou de mesure extérieure – en graphite	en franchise	en franchise	en franchise	en franchise	2,7 %	3,3 %
8545.19	Autres électrodes						
8545.19.10.22	N'excédant pas 88,9 cm de circonférence ou de mesure extérieure, en graphite	en franchise	en franchise	en franchise	en franchise	2,7 %	3,3 %

TARIFS DOUANIERS (suite)

N° tarifaire	Dénomination	Canada		États-Unis	États-Unis Canada	UE Taux (1)	Japon OMC (2)
		NPF	TPG				
8545.19.21	Excédant 88,9 cm de circonférence ou de mesure extérieure; blocs anodiques de charbon devant servir à la fabrication d'aluminium; électrodes de graphite autres que ceux devant servir avec les fours, devant servir à la fabrication de magnésium – électrodes en charbon, précuites, devant servir à la fabrication de métal siliceux	en franchise	en franchise	en franchise	en franchise	2,7 %	3,3 %
8545.19.22	Excédant 88,9 cm de circonférence ou de mesure extérieure; blocs cathodiques devant servir à la fabrication d'aluminium	en franchise	en franchise	en franchise	en franchise	2,7 %	3,3 %
8545.19.29	Excédant 88,9 cm de circonférence ou de mesure extérieure; autres, en graphite	6,5 %	6,5 %	6,5 %	en franchise	2,7 %	3,3 %
8545.20.20	Balais en graphite	en franchise	en franchise	en franchise	en franchise	2,7 %	3,3 %
8545.90.92	Autres, en graphite	en franchise	en franchise	en franchise	en franchise	2,7 %	3,3 %

Sources : *Tarif des douanes* canadien, en vigueur en janvier 2005; Agence des services frontaliers du Canada; *Harmonized Tariff Schedule of the United States*, 2005; *Journal officiel de l'Union européenne* (édition du 30 octobre 2004); *Customs Tariff Schedules of Japan*, 2004.

NPF : nation la plus favorisée; OMC : Organisation mondiale du commerce; TPG : tarif de préférence général.

(1) Taux des droits conventionnels : Dans le cas des produits importés provenant de pays qui constituent des parties contractantes à l'Accord général sur les tarifs douaniers et le commerce, ou de pays avec lesquels l'Union européenne a conclu des accords comprenant la clause du tarif de la nation la plus favorisée, les droits de douane applicables seront les droits conventionnels dont les taux se trouvent dans la troisième colonne de la liste tarifaire. (2) Les taux de l'Organisation mondiale du commerce sont indiqués; dans certains cas, de plus faibles tarifs douaniers peuvent être appliqués.

TABLEAU 1. CANADA : PRODUCTION, EXPÉDITIONS ET COMMERCE, DE 2002 À 2004

N° tarifaire		2002		2003 (r)		2004 (dpr)	
		(t)	(k\$)	(t)	(k\$)	(t)	(k\$)
PRODUCTION (toutes formes)							
	Québec	x	x	x	x	x	x
EXPORTATIONS							
2504.10	Graphite naturel en poudre ou en paillettes						
	États-Unis	8 342	6 865	7 977	6 840	14 219	11 705
	Turquie	920	517	1 841	851	3 710	1 637
	Royaume-Uni	160	133	22 128	1 447	2 192	1 416
	Italie	218	36	2 304	641	2 016	1 319
	Espagne	100	78	12	17	1 558	896
	Suisse	–	–	697	635	252	288
	Autriche	–	–	40	21	500	262
	Pays-Bas	40	20	120	59	85	59
	Japon	–	–	40	43	40	41
	République tchèque	–	–	–	–	60	19
	Cuba	–	–	–	–	1	2
	Nouvelle-Calédonie	–	–	–	–	1	1
	Chine	9	10	2	13	–	–
	Allemagne	40	53	40	52	–	–
	Belgique	–	–	44	82	–	–
	France	–	–	4	7	–	–
	Suède	–	–	80	33	–	–
	Total	9 829	7 712	35 329	10 741	24 634	17 645
2504.90	Graphite naturel, n.m.a.						
	États-Unis	1	9	2	15	38	152
	Trinité-et-Tobago	–	–	–	–	27	16
	Allemagne	–	–	–	–	8	4
	France	8	3	14	2	–	–
	Australie	–	–	9	4	–	–
	Chili	–	–	12	6	–	–
	Hong Kong	–	–	5	2	–	–
	Mexique	–	–	2	1	–	–
	Qatar	–	–	1	...	–	–
	Afrique du Sud	–	–	6	3	–	–
	Total	9	12	51	33	73	172

TABLEAU 1 (suite)

N° tarifaire	2002		2003 (r)		2004 (dpr)		
	(kg)	(k\$)	(kg)	(k\$)	(kg)	(k\$)	
EXPORTATIONS (suite)							
6902.90	Briques réfractaires, dalles, carreaux ou autres						
	États-Unis	2 906	3 622	2 815	3 160	3 953	4 368
	Afrique du Sud	—	—	—	—	759	693
	Kazakhstan	—	—	—	—	30	180
	Japon	118	65	263	150	158	171
	Australie	1	2	—	—	174	161
	Chine	—	—	160	60	35	28
	Salvador	—	—	—	—	16	25
	Nouvelle-Zélande	30	44	139	56	49	23
	Qatar	—	—	—	—	15	22
	Belgique	—	—	102	140	11	20
	Chili	17	25	—	—	20	13
	Royaume-Uni	12	15	—	—	8	10
	Mali	—	—	—	—	7	10
	Croatie	—	—	—	—	3	5
	Colombie	13	15	—	—	—	—
	France	126	134	14	19	—	—
	Israël	44	97	—	—	—	—
	Saint-Vincent-et-les Grenadines	4	12	—	—	—	—
	Suède	43	88	—	—	—	—
	Cuba	—	—	3	4	—	—
	Trinité-et-Tobago	—	—	7	10	—	—
	Total	3 314	4 119	3 503	3 599	5 238	5 729
6903.10	Autres articles céramiques réfractaires, contenant en poids plus de 50 % de graphite ou d'autres formes de carbone, ou un mélange de ces produits						
	Suède	—	—	—	—	n.d.	66
	États-Unis	n.d.	10	n.d.	46	n.d.	58
	Finlande	—	—	—	—	n.d.	21
	Nouvelle-Zélande	—	—	—	—	n.d.	14
	Bésil	—	—	—	—	n.d.	12
	Australie	—	—	—	—	n.d.	10
	Autriche	—	—	—	—	n.d.	7
	Allemagne	—	—	—	—	n.d.	7
	Pays-Bas	—	—	—	—	n.d.	5
	Espagne	—	—	—	—	n.d.	3
	Arabie saoudite	—	—	n.d.	...	—	—
	Total	n.d.	10	n.d.	46	n.d.	203
8545.20	Balais en carbone ou en graphite						
	États-Unis	70 920	10 856	79 624	10 030	73 869	8 651
	Afrique du Sud	2 729	13	5 798	19	17 115	152
	Royaume-Uni	2 541	13	1 212	33	21 791	133
	Chili	1 593	17	14 371	77	13 259	130
	Chine	32 354	147	42 826	184	25 163	118
	Pays-Bas	7 837	34	17 913	93	16 151	92
	Pérou	4 040	10	19 706	122	11 801	69
	Espagne	17 351	58	13 624	69	9 273	64
	Vietnam	—	—	640	15	10 346	47
	Colombie	400	3	3 151	20	6 864	43
	Hong Kong	80	...	10 978	55	3 256	36
	Allemagne	—	—	8 335	40	7 289	33
	Israël	—	—	8 947	39	4 000	32
	Australie	9 116	40	8 284	38	6 566	32
	France	6 929	78	18 772	121	5 724	27
	Corée du Sud	6 820	26	50	...	290	18
	Danemark	4 596	21	2 124	12	2 676	13
	Iran	386	35	—	—	1 503	7
	Sénégal	1 000	7	—	—	1 000	6
	Uruguay	—	—	—	—	850	6
	Guinée	—	—	—	—	870	5
	Suède	—	—	64	...	806	4
	Inde	3 560	8	92	...	628	3
	Nouvelle-Zélande	66	...	1 250	5	481	2
	Arabie saoudite	2 597	4	1 213	6	512	2
	Cuba	150	1	9 256	62	365	2
	Japon	—	—	238	1	100	1
	Italie	7 000	28	3 231	15	87	...
	Kirghizistan	—	—	—	—	4	...
	Grèce	186	1	268	1	7	...
	Finlande	—	—	404	1	71	...
	Indonésie	—	—	62	...	104	...
	Oman (Muscat)	—	—	156	1	98	...
	Singapour	—	—	2 000	14	30	...
	Suisse	—	—	17	...	26	...
	Émirates arabes unis	—	—	2 736	13	78	...
	Pologne	—	—	9	...	31	...

TABLEAU 1 (suite)

N° tarifaire	2002		2003 (r)		2004 (dpr)	
	(kg)	(k\$)	(kg)	(k\$)	(kg)	(k\$)
EXPORTATIONS (suite)						
8545.20 (suite)						
Turquie	—	—	—	—	4	...
Îles turques et Caïques	—	—	—	—	12	...
Botswana	—	—	1 400	9	—	—
Belgique	—	—	2	...	—	—
Jordanie	—	—	86	...	—	—
Philippines	—	—	400	1	—	—
Jamaïque	60	1	—	—	—	—
Thaïlande	—	—	57	...	—	—
Tunisie	—	—	173	1	—	—
Bahreïn	—	—	4	...	—	—
Argentine	—	—	1 130	5	—	—
Bahamas	—	—	1	...	—	—
Total	182 311	11 401	280 604	11 102	243 100	9 728
Exportations totales	n.d.	23 254	n.d.	25 521	n.d.	33 477
	(t)	(k\$)	(t)	(k\$)	(t)	(k\$)
IMPORTATIONS						
2504.10	Graphite naturel en poudre ou en paillettes					
États-Unis	2 679	3 110	1 782	1 885	2 863	1 426
Chine	252	212	382	245	458	366
Mexique	302	186	317	186	226	128
Japon	175	324	116	172	103	114
Suisse	1 904	3 488	833	1 629	16	35
Belgique	...	...	4	12	5	13
Allemagne	5	5	7	7	5	7
Canada	—	—	—	—	2	3
Espagne	—	—	...	...	1	1
Autriche	1	...	—	—	12	...
Taiwan	5	...	—	—	1	...
Italie	—	—	—	—	...	...
Swaziland	—	—	—	—	...	...
Australie	...	...	—	—	—	—
Brésil	1	3	2	4	—	—
République tchèque	1	2	—	—	—	—
Suède	1	...	—	—	—	—
Inde	—	—	1	2	—	—
Corée du Sud	—	—	...	...	—	—
Total	5 326	7 330	3 444	4 142	3 692	2 093
2504.90	Graphite naturel, n.m.a.					
Chine	8	25	384	894	746	1 800
États-Unis	1 051	533	401	413	383	378
Allemagne	17	21	192	121	46	75
Royaume-Uni	1	...	—	—	12	26
République dominicaine	—	—	3	...	3	1
Finlande	—	—	—	—	7	1
Japon	—	—	—	—	...	1
Guyana	2	1	4	1	2	...
Belgique	—	—	—	—	1	...
Tanzanie	—	—	—	—	...	...
Autriche	1	...	...	1	—	—
Brésil	1	...	—	—	—	—
Côte d'Ivoire	2	...	—	—	—	—
Danemark	...	...	...	...	—	—
Groenland	2	...	—	—	—	—
Hong Kong	29	1	—	—	—	—
Iran	...	...	—	—	—	—
Mexique	19	11	—	—	—	—
Russie	22	7	222	48	—	—
Espagne	2	1	—	—	—	—
Suisse	30	82	—	—	—	—
Taiwan	1	...	2	...	—	—
France	—	—	6	...	—	—
Mongolie	—	—	...	...	—	—
Afrique du Sud	—	—	1	...	—	—
Total	1 188	682	1 215	1 478	1 200	2 282
6902.90	Briques réfractaires, etc., n.m.a. (contenant en poids plus de 50 % de carbone ou de graphite)					
États-Unis	12 188	11 697	9 162	8 877	15 067	10 172
France	95	194	370	553	7 639	6 699
Allemagne	855	1 050	1 190	2 561	7 071	5 918
Chine	1 022	2 453	998	1 818	1 542	3 296
Royaume-Uni	754	1 785	712	1 460	1 512	2 921
Danemark	570	563	251	247	1 979	1 890

TABLEAU 1 (suite)

N° tarifaire	2002		2003 (r)		2004 (dpr)	
	(t)	(k\$)	(t)	(k\$)	(t)	(k\$)
IMPORTATIONS (suite)						
6902.90						
Pays-Bas	234	296	360	408	1 176	959
Suisse	2	7	—	—	380	219
Italie	54	37	21	29	2 268	133
Belgique	20	89	58	136	31	124
Mexique	88	186	66	146	182	113
Japon	2 253	1 594	89	429	55	98
Thaïlande	—	—	12	46	5	44
Brésil	91	128	171	235	576	37
Espagne	—	—	149	105	37	30
Norvège	21	24	—	—	4	21
Zimbabwe	—	—	1	2	2	6
Inde	—	—	—	—	3	3
Pologne	43	43	—	—	1	2
Argentine	—	—	—	—	n.d.	1
Australie	10	28	3	8	2	1
Taiwan	1	...	—	—	...	...
Turquie	—	—	—	—	...	...
Canada	2	1	4	3	2	...
République tchèque	—	—	—	—	...	...
Autriche	300	187	—	—	...	...
Ukraine	—	—	—	—	...	...
Samoa américaine	—	—	2	3	—	—
Hong Kong	—	—	64	62	—	—
Corée du Sud	—	—	12	14	—	—
Suède	—	—	1	...	—	—
Kazakhstan	1	...	—	—	—	—
Hongrie	9	42	—	—	—	—
Portugal	—	—	22	8	—	—
Total	18 613	20 404	13 718	17 150	39 534	32 687
	(kg)	(k\$)	(kg)	(k\$)	(kg)	(k\$)
6903.10	Autres articles céramiques réfractaires, n.m.a., contenant en poids plus de 50 % de graphite ou d'autres formes de carbone, ou un mélange de ces produits					
États-Unis	3 426	1 271	4 405	1 019	67 767	1 467
Royaume-Uni	108	239	57	72	16 020	468
Allemagne	44	87	727	183	452	223
Chine	—	—	11	...	1 753	46
France	241	94	167	55	239	44
Suède	—	—	—	—	14	10
Brésil	—	—	55	14	1	8
Australie	—	—	3	...	3	4
Italie	3	2	2	1	36	3
Taiwan	—	—	1	...	27	3
Inde	7	18	—	—	2	2
Corée du Sud	—	—	10	...	5	2
Finlande	1	1	6	3	3	1
Pays-Bas	—	—	1	...	1	...
Ghana	—	—	—	—	1	...
Mexique	2	...	—	—	—	—
Pologne	3	...	—	—	—	—
Afrique du Sud	1	2	—	—	—	—
Espagne	1	...	—	—	—	—
Autriche	—	—	1	...	—	—
Canada	—	—	3	4	—	—
Japon	—	—	2	1	—	—
Suisse	—	—	6	1	—	—
Total	3 837	1 714	5 457	1 353	86 324	2 281
8545.20	Balais en carbone ou en graphite					
États-Unis	194 314	7 428	177 776	7 603	377 214	7 263
Allemagne	9 715	503	9 098	470	18 815	549
Royaume-Uni	4 883	275	4 231	312	20 762	535
France	5 217	344	4 565	267	6 911	452
Japon	21 776	471	22 686	468	37 804	432
Chine	4 190	327	6 070	736	3 616	280
Pays-Bas	173	5	2 002	105	2 828	179
Brésil	9 066	584	4 462	239	3 622	127
Canada	1 053	43	551	47	3 350	54
Suède	262	51	200	87	801	54
Autriche	1 107	45	1 064	40	2 602	35
Taiwan	3 364	52	503	42	9 801	33
Italie	381	17	576	26	671	23
Thaïlande	4	4	18	10	1 316	22
Mexique	18 469	325	754	14	667	21
Corée du Sud	122	12	232	20	642	18

TABLEAU 1 (suite)

N° tarifaire	2002		2003 (r)		2004 (dpr)	
	(kg)	(k\$)	(kg)	(k\$)	(kg)	(k\$)
IMPORTATIONS (suite)						
8545.20 (suite)						
Suisse	204	51	307	30	511	15
Slovaquie	1	...	121	4	271	13
Inde	15	1	23	3	124	7
Slovénie	17	...	106	2	61	7
Australie	97	10	34	1	737	4
Irlande	—	—	20	...	33	1
République tchèque	20	...	3	...	101	1
Belgique	2	...	22	1	59	1
Espagne	31	1	58	2	180	1
Danemark	25	1	188	6	28	1
Norvège	53	2	23	...	38	1
Hongrie	1	...	69	1	97	1
Pologne	82	3	202	2	15	...
Roumanie	13	...	1	...	4	...
Afrique du Sud	—	—	—	—	2	...
Hong Kong	n.d.	...	..	...	6	...
Vietnam	—	—	3	...	n.d.	...
Argentine	—	—	—	—	1	...
Indonésie	—	—	—	—	n.d.	...
Sierra Leone	—	—	—	—	7	...
Russie	1	...	1	...	—	—
Singapour	n.d.	...	1	...	—	—
Macédoine	1	...	—	—	—	—
Costa Rica	2	...	—	—	—	—
Finlande	23	1	6	...	—	—
Belize	216	11	5	...	—	—
Grèce	1	...	—	—	—	—
République dominicaine	—	—	1	...	—	—
Israël	...	...	—	—	—	—
Malaisie	—	—	1	...	—	—
Pérou	—	—	1	...	—	—
Turquie	—	—	...	...	—	—
Antigua-et-Barbuda	4	...	—	—	—	—
Total	274 905	10 567	235 984	10 538	493 697	10 130
Importations totales	n.d.	40 697	n.d.	34 661	n.d.	49 473

Sources : Ressources naturelles Canada; Statistique Canada.

— : néant; ... quantité minimale; (dpr) : données provisoires; (k\$) : millier de dollars; n.d. : non disponible; n.m.a. : non mentionné ailleurs; r : révisé; x : confidentiel.

Remarque : Les chiffres ont été arrondis.

TABLEAU 2. UTILISATION RAPPORTÉE (1) DE GRAPHITE AU CANADA, DE 1998 À 2003

	1998	1999	2000	2001	2002	2003 (dpr)
	(tonnes)					
Graphite naturel						
Revêtements de four de fonderie	4 873	4 807	2 496	2 170	2 217	2 387
Produits réfractaires	x	x	x	x	x	—
Autres utilisations (2)	x	x	x	x	x	1 294
Graphite synthétique						
Revêtements de four de fonderie	2 241	2 296	2 597	1 992	1 943	1 650
Autres utilisations (3)	4 260	6 896	7 152	7 331	8 515	9 343
Total	16 119	16 459	14 955	13 297	14 137	14 674

Source : Ressources naturelles Canada.

— : néant; (dpr) : données provisoires; x : confidentiel.

(1) Selon l'information obtenue de Ressources naturelles Canada et d'après l'enquête sur la consommation des minéraux non métalliques par les usines canadiennes de fabrication. (2) Comprend les garnitures de freins, les composants chimiques, les abrasifs, l'acier de première fusion et toutes autres utilisations finales. (3) Comprend les abrasifs, les piles, les coussinets et les garnitures de freins, le ciment, les composants chimiques, l'acier de première fusion et toutes autres utilisations.

Remarque : Les chiffres ont été arrondis.