

DIAMANTS 2019

La production de diamants synthétiques est nettement plus importante que celle de diamants naturels. En effet, en 2019, la production de diamants synthétiques a été de plus de 14,6 milliards de carats, essentiellement en Chine, celle de diamants naturels, de 142 millions de carats.

État naturel

Les diamants sont constitués de carbone à l'état natif. La teneur en diamants des mines est très faible : il faut traiter en moyenne 3 tonnes de minerai pour obtenir 1 carat soit 0,20 g et 250 t pour produire un diamant de joaillerie, taillé, de 1 carat.

Le plus gros diamant découvert est le Cullinan, en 1905, dans la mine Premier, en Afrique du Sud, avec 3 106 carats avant taille. Ces dernières années, le plus gros diamant blanc et pur, le Diamant du Centenaire, a été découvert en 1986 dans la mine de Premier, en Afrique du Sud, avec 599 ct avant taille, 273 ct après. Dans sa plus grande largeur il mesure 5 cm.

Gisements et exploitations minières :

Les diamants, formés il y a plus de 990 millions d'années dans le magma terrestre, à une profondeur de 125 à 200 km, à des températures comprises entre 900 et 1300°C et à pression très élevée (45 à 60 kbar), sont remontés rapidement à la surface de la terre lors d'éruptions volcaniques. Lors de leur remontée, les diamants n'ont pas eu le temps de se transformer en graphite, forme stable du carbone à la surface de la terre. Les diamants sont donc dans un état métastable. Les gisements se présentent sous forme de :

- Cheminées ou « pipes » : cônes renversés s'enfonçant parfois à plusieurs milliers de mètres sous la surface du sol. La roche de ces cheminées est généralement de la kimberlite ou parfois de la lamproïte (c'est le cas de la mine d'Argyle). Elle est exploitée d'abord à ciel ouvert et lorsque la profondeur atteinte devient trop importante, une exploitation souterraine prend le relais. Les cheminées volcaniques formées de kimberlite ne contiennent des diamants exploitables que dans 1 cas sur 200, en moyenne. Dans le monde, en 2018, il y a 30 mines de kimberlite en activité.
- Dépôts alluvionnaires, dans le lit de fleuves et en bordure du littoral, provenant de l'érosion des cheminées volcaniques : c'est le cas du littoral namibien et des exploitations du Namaqualand d'Afrique du Sud.

Un cas particulier est celui du gisement de Popigai, en Russie, qui s'est formé il y a 35 millions d'années lors de l'impact d'une météorite, la pression générée lors de l'impact ayant transformé du graphite en diamant. Situé en Sibérie, à 2 000 km au nord de Krasnoïarsk, le cratère possède un diamètre d'une centaine de km. Les diamants présents, de qualité industrielle, ont une taille de 0,5 à 2 mm. Les ressources présentes dans ce gisement seraient considérables.

Actuellement, une partie des stériles rejetés lors des exploitations antérieures est retraitée. Par exemple, autour de la mine de Kimberley, en Afrique du Sud.

Après broyage du minerai, un enrichissement est effectué à l'aide de techniques gravimétriques, par exemple avec un milieu dense de particules de [ferrosilicium](#), les diamants (densité de 3,52) sont extraits avec le ferrosilicium qui est ensuite récupéré magnétiquement et recyclé. Les diamants,

hydrophobes et oléophiles, peuvent être séparés en milieu eau-huile puis enfin repérés, un à un, par leur fluorescence sous rayonnement X.

On distingue : les gemmes (environ 20 % de la production en poids et plus de 65 % en valeur) utilisés en joaillerie, les quasi-gemmes (37 à 39 % de la production en poids) qui sont de plus en plus utilisés en joaillerie et les diamants industriels (43 % de la production en poids).

Principales mines de diamants : d'après leurs réserves prouvées et probables fin 2018.

| en millions de t de carats | | | |
|----------------------------|--------|--------------------------|-------|
| Aikhal (Russie) | 175,56 | Catoca (Angola) | 130 |
| Jwaneng (Botswana) | 166,6 | Ekati (Canada) | 105,4 |
| Udachny (Russie) | 164,46 | Venetia (Afrique du Sud) | 92,4 |
| Nyurba (Russie) | 132,75 | Severalmaz (Russie) | 73,89 |
| Orapa (Botswana) | 131,2 | Mirny (Russie) | 57,77 |

Source : [Mining Technology](#), juin 2019

Productions

En 2019. Monde : 138 190 millions de carats pour 13 574 millions de \$ US et 98 \$US/ct, en moyenne.

| en millions de carats (1 carat= 0,20 g), millions de dollars US et \$US/ct | | | | | | | |
|--|------------|--------|---------|----------------|------------|--------|---------|
| Pays | Production | Valeur | \$US/ct | Pays | Production | Valeur | \$US/ct |
| Russie | 45 271 | 4 117 | 91 | Angola | 9 150 | 1 266 | 138 |
| Botswana | 23 687 | 3 434 | 145 | Afrique du Sud | 7 181 | 873 | 122 |
| Canada | 18 638 | 1 697 | 91 | Zimbabwe | 2 108 | 141 | 67 |
| R. D. du Congo | 14 158 | 226 | 16 | Namibie | 2 018 | 1 010 | 500 |
| Australie | 12 999 | 159 | 12 | Lesotho | 1 113 | 290 | 261 |

Source : [Kimberley Process](#)

On estime à plus de 400 t la masse totale des diamants extraits dans le monde depuis les origines. En 1950, la production était de 15 millions de carats/an.

- La Russie est le premier pays producteur avec des diamants de très bonne qualité. Les mines en exploitation sont principalement détenues par la société [Alrosa](#), qui a produit, en 2019, 38,5 millions de carats. Elles sont regroupées dans divers complexes :
 - Udachny avec les cheminées de Udachny et Munskeye et les dépôts alluvionnaires qui ont donné, en 2019, 4,6 millions de carats,
 - Nyurba avec les cheminées de Nyurbinskaya et Botuobinskaya et les dépôts alluvionnaires qui ont donné, en 2019, 10,3 millions de carats,
 - Mirny avec la cheminée International, les exploitations alluvionnaires ainsi que celle de rejets antérieurs qui ont donné, en 2019, 3 millions de carats,
 - Aikhal avec l'exploitation de 2 cheminées (Jubilee et Aikhal) qui ont donné, en 2019, 9,8 millions de carats,
 - Almazy Anabara avec dans des alluvions, en 2019, 5,2 millions de carats,
 - Severalmaz avec 2 cheminée, Arkhangelskaya et Karpinskogo qui ont donné, en 2019, 4,2 millions de carats.

Ces gisements, sauf Severalmaz, sont situés dans la république de Sakha, en Yakoutie, dans le Nord-Est de la Sibérie et ils posent de gros problèmes d'exploitation en raison de la température hivernale qui peut atteindre les moins 60°C. Le gisement de Severalmaz est situé dans la région d'Arkhangelsk.

En 2018, les diamants sont exploités par Alrosa à 53,5 % dans 10 mines à ciel ouvert, à 23,0 % dans 4 mines souterraines et à 23,6 % dans 14 dépôts alluvionnaires.

Les réserves prouvées et probables d'Alrosa, en Russie, sont, début 2020, de 628 millions de carats.

- La production du Botswana est assurée par la société [Debswana](#) (en joint venture 50/50 entre De Beers et l'État du Botswana) dans 4 mines à ciel ouvert : Jwaneng, Orapa, Letlhakane et Damtshaa, qui ont produit un total de 23,3 millions de carats. La mine de Jwaneng, est la mine la plus riche, en valeur, dans le monde. Elle est constituée de 3 cheminées exploitées à une profondeur moyenne de 400 m. En 2019, sa production a été de 12,5 millions de carats. Les mines d'Orapa, Letlhakane et Damtshaa, ont produit 10,8 millions de carats. Les réserves prouvées et probables de Jwaneng sont de 152,4 millions de carats, celles de Orapa de 136,8 millions de carats, celles de Letlhakane de 6,6 millions de carats et celles de Damtshaa de 4,2 millions de carats.
- La production canadienne est assurée par les mines suivantes :
 - Ekati Diamond Mine, située dans les Territoires du Nord-Ouest, détenue à 88,9 % par [Dominium Diamond Corporation](#) pour le cœur de la mine. En 2017, la production a été de 5,2 millions de carats. Les réserves prouvées et probables sont de 105,4 millions de carats.
 - Diavik Diamond Mine, détenue à 60 % par [Rio Tinto](#) et 40 % par [Dominium Diamond Corporation](#), située dans les Territoires du Nord-Ouest, exploitée souterrainement et à ciel ouvert, a produit, en 2019, 6,719 millions de carats. Les réserves prouvées et probables sont de 14,9 millions de carats.
 - La mine de Gahcho Kué, détenue par De Beers à 51 % et [Mountain Province Diamonds](#) à 49 %, également dans les Territoires du Nord-Ouest, a été ouverte en septembre 2016. En 2019, la production a été de 6,821 millions de carats. L'exploitation, avec 3 mines à ciel ouvert, est prévue durer 12 ans avec 4,45 millions de carats/an et une extraction totale de 53 millions de carats. Fin 2019, les réserves prouvées et probables sont de 32,5 millions de t de minerai renfermant 1,60 ct/t.
 - La mine Victor, dans l'Ontario, contrôlée par [De Beers](#), qui a produit, en 2019, 400 000 carats, a fermé mi-2019.
 - Le 19 octobre 2016 a été inaugurée la mine Renard, au Québec, détenue par [Stornoway](#). En 2018, la production a été de 1,32 million de carats. Les réserves prouvées et probables sont de 30,187 millions de t de minerai renfermant 0,66 carats/t soit un total de 20 millions de carats.
- En République Démocratique du Congo, dans le Kasaï Oriental et Occidental, la production est essentiellement, à 80 %, artisanale. Les types de diamants produits au Congo sont incolores, bruns, gris, olives et toute la gamme chromatique des jaunes, cognacs et orangés.
- La production australienne est assurée par la mine d'Argyle (Nord-Ouest du pays), découverte en 1979, mise en exploitation en 1985, propriété de [Rio Tinto](#). La production a été de 12,999 millions de carats, en 2019. Les diamants produits (50 % de diamants industriels, 45 % de quasi-gemmes, 5 % de gemmes) sont colorés (couleur champagne et

- cognac et plus rare : rose). La mine, à ciel ouvert, est relayée, depuis 2013, par une exploitation souterraine. Depuis 1985, la mine a produit 800 millions de carats. Les réserves prouvées et probables sont, fin 2019, de 5,1 millions de t de minerai contenant 1,9 carat/t.
- La production angolaise provient principalement de la mine de [Catoca](#), détenue à 41 % par la société russe Alrosa, 41 % par la société étatique [Endiama](#) et 18 % par le groupe néerlandais LL International Holding. En 2019, la production a été de 7,4 millions de carats et les réserves de 122 millions de carats. Par ailleurs, la société Endiama détient 39 % de la mine de Somihwana en association avec le groupe sud-africain [Trans Hex](#) qui en détient 33 %. En 2019, la production a été de 133 659 carats.
 - En Afrique du Sud, la production est assurée :
 - par [Petra Diamond](#), a produit en 2019, 3,475 millions de carats, dans les mines de Finsch, avec 2,073 millions de carats, Cullinan, avec 1,369 million de carats et Koffiefontein, avec 53 000 carats,
 - par De Beers Consolidated Mines Limited détenue à 74 % par De Beers et 26 % par Ponahulo Holding, qui exploite la mine de Venetia avec, en 2019, une production de 1,9 million de carats,
 - par [Trans Hex](#), qui exploite les dépôts côtiers du Namaqualand avec, en 2019, une production de 131 520 carats.
 - Au Zimbabwe, la production est assurée en grande partie par la société étatique [Zimbabwe Consolidated Diamond](#) (ZCDCO) qui exploite les mines de Chiadzwa et Chimanimani avec, en 2019, une production de 1,6 million de carats.
 - En Namibie, la production est d'excellente qualité, plus de 98 % des diamants sont de qualité joaillerie. La production est assurée par [Namdeb](#), société détenue à parts égales entre De Beers et le gouvernement namibien, voir ci-dessous.

Principaux producteurs : en 2019, répartition du marché, en volume, et, en 2016, en valeur.

| Sociétés | en volume | en valeur | Sociétés | en volume | en valeur |
|---------------------------------|-----------|-----------|--|-----------|-----------|
| Alrosa (Russie) | 27 % | 29 % | Catoca (Angola) | 5 % | 7 % |
| De Beers | 22 % | 38 % | Petra Diamond (Afrique du Sud) | 3 % | 3 % |
| Rio Tinto | 12 % | 4 % | | | |

Sources : Alrosa et De Beers

- [Alrosa](#), détenu à 33 % par la Fédération de Russie et 33 % par la République de Yakoutie a produit, en 2019, 38,5 millions de carats, voir ci-dessus avec la production russe. Par ailleurs détient une participation de 41 % dans la mine angolaise de Catoca.
- [De Beers](#) :
La société a été fondée en 1888 pour exploiter les mines sud-africaines. De Beers est contrôlé à 85 % par [Anglo American](#) et à 15 % par l'État du Botswana. Le groupe De Beers extrait des diamants naturels, fabrique des diamants synthétiques et commercialise une grande partie de la production mondiale.
Production de diamants naturels pour un total, en 2019, de 30,776 millions de carats. En millions de carats, en 2019 :
 - Namibie : 1,7 par Namdeb, joint venture 50/50 entre De Beers et l'État Namibien, qui exploite d'une part le littoral maritime et d'autre part les mines d'Orange River et Elisabeth Bay, cette dernière étant en vente.

- Botswana : 23,3 par Debswana société détenue moitié-moitié par De Beers et l'État du Botswana, dans les mines de Jwaneng (12,5), d'Orapa, Letlhakane et Damtshaa (10,8).
- En Afrique du Sud les exploitations minières sont détenues à 74 % par De Beers et 26 % par Ponahulo Holding. La production, avec 1,9 million de carats en 2019, a été réalisée dans la mine de Venetia, la mine de Voorspoed étant à l'arrêt. Fin 1990, arrêt de l'exploitation de la cheminée de Kimberley, appelée « Big Hole », découverte en 1871 puis la production s'est poursuivie dans des mines voisines et à partir des terrils qui ont été vendus en janvier 2016.
- Canada : 3,9 dans les mines de Victor (0,4), en Ontario et de Gahcho Kué (3,5) dans les Territoires du Nord-Ouest. La mine de Victor a été arrêtée mi-2019.

Production de diamants industriels et de matériaux ultra durs, par [Element Six](#). Les usines de production sont situées en Irlande (Shannon), Royaume-Uni (Île de Man), Suède (Robertfors), Ukraine (Poltava), Chine (Suzhou), États-Unis (Santa Clara, en Californie) et Afrique du Sud (Springs).

- La production de [Rio Tinto](#) avec, en 2019, 17,03 millions de carats, provient, outre de la mine d'Argyle, en Australie, voir ci-dessus, des mines de Diavik, au Canada, possédée à 60 %, avec, en 2019, une production, en propre, de 4,031 millions de carats et des réserves de 11 millions de t renfermant 2,4 carats/t. Les réserves totales prouvées et probables du groupe sont, en 2019, de 24,4 millions de carats.
- [Petra Diamond](#), a produit en 2019, 3,836 millions de carats, principalement en Afrique du Sud avec 3 mines et en Tanzanie avec une mine.
 - En Afrique du Sud, exploite les mines de Finsch, avec 1,756 millions de carats, Cullinan, avec 1,656 million de carats et Koffiefontein, avec 63 635 carats,
 - en Tanzanie, la mine de Williamson, avec 400 000 carats.

Les réserves prouvées et probables sont de 43 millions de carats.

Réserves : en 2018, sur un total de 1,774 milliards de carats. Répartition :

Russie 41 % Canada 14 %
 Afrique 43 %

Source : Alrosa

Utilisations

En 2013, à 54 % dans la joaillerie et à 46 % dans l'industrie.

Répartition de la consommation de diamants, en joaillerie, en valeur, en 2017, sur un total de 82 milliards de dollars.

États-Unis 43 % Inde 3 %
 Chine 10 % États du Golfe 3 %
 Japon 5 %

Source : De Beers

Utilisé dans l'industrie pour sa dureté (10, par définition, dans l'échelle de Mohs) dans les abrasifs, filières, trépan, outils de coupe... Les diamants polycristallins et impurs (carbonados et borts) sont préférés aux diamants purs car ils sont moins fragiles. Toutefois, dans ce secteur, les diamants

naturels ne représentent que 1 % de la consommation. Ce sont les diamants synthétiques qui assurent 99 % de la consommation.

Un diamant parfait et pur n'absorbe pas la lumière visible et est parfaitement transparent. L'énergie de la bande interdite est de 5,45 eV, énergie nettement supérieure à l'énergie des photons visibles. Cela n'est plus le cas en présence d'impuretés ou de défauts cristallins.

La classification des diamants est réalisée en fonction de la présence d'impuretés qui absorbent ou non dans l'infrarouge. Les diamants de type I peuvent contenir jusqu'à 0,3 % d'azote, ils absorbent vers 8 μm . Ils absorbent également le rayonnement visible dans le domaine du bleu-violet et sont donc colorés en jaune. Les diamants de type II ne contiennent pas d'azote et ils n'absorbent pas le rayonnement infrarouge. Les diamants IIa ne contiennent ni [azote](#) ni [bore](#). Les diamants IIb contiennent du bore donnant une absorption du rayonnement visible dans le rouge et donc une couleur bleu. Le diamant « Régent » est de ce type.

Le diamant de type IIb est un excellent isolant ($\rho > 10^{14}$ ohm.cm) et le matériau qui possède la conductibilité thermique la plus élevée (2000 $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ à 20°C).

Les diamants se transforment en graphite à l'air vers 600°C et sous vide vers 1500°C.

Diamants synthétiques

Historique

Les laboratoires de recherche ont essayé de reproduire, à l'échelle industrielle, les conditions existant dans le magma terrestre et permettant la formation de diamant. La première synthèse, gardée secrète, a été réalisée en Suède, dans le laboratoire d'Allmanna Svenska Elektriska Aktiebolaget. La première synthèse officielle et brevetée a été réalisée le 16 décembre 1954, dans les laboratoires de General Electric.

Fabrication

Les premières fabrications ont été réalisées sous haute pression et température élevée. Les diamants obtenus, dénommés HPHT, représentent actuellement la plus grande partie (99 %) de la production de diamants synthétiques. Un autre mode d'élaboration par dépôt chimique en phase vapeur (diamants CVD) commence à être industrialisé.

Diamants HPHT : un mélange de graphite et d'un métal de transition ([Ni](#), par exemple) qui sert de solvant pour le carbone (le diamant y est moins soluble que le graphite), entouré de pyrophyllite et muni de contacts électriques permettant le chauffage par effet Joule, forme une chambre de réaction cylindrique qui est placée au centre d'une presse tétraédrique. Entre 1667 et 1728°C, à 54 kbar, le diagramme de solidification Ni-C présente une zone fondue en présence de C cristallisé sous sa forme diamant. Le taux de croissance est d'environ 1 mm/jour. La pyrophyllite (phyllosilicate de la famille du [talc](#)) présente l'avantage d'être plastique sous haute pression et donc de transmettre de façon homogène les pressions exercées.

Les diamants produits sont, en général, de couleur jaune (due à la présence d'[azote](#)) ou verte. Ils font souvent moins de 1 carat et 5 à 6 dixièmes de mm. Un diamant de 14,2 carats, de bonne qualité industrielle a été produit par De Beers.

Les producteurs de diamants synthétiques produisent aussi du [nitrure de bore](#) cubique (dont la dureté approche celle du diamant) qui demande également, pour son élaboration, de très hautes pressions. Les produits proposés vont des poudres microniques, aux grains, aux pierres et aux plaquettes polycristallines (pour outils d'usinage et pièces d'usure) obtenues par frittage de grains de diamant ou de nitrure de bore cubique.

Diamants CVD : des revêtements de matériaux par des couches minces (5 à 10 µm) de diamant, réalisées par dépôt chimique en phase vapeur (CVD), sont commercialisés. De même, des diamants synthétiques de bonne qualité commencent à être produits par dépôt chimique en phase vapeur. La croissance du diamant (polycristallin, nanocristallin ou monocristallin) est réalisée à partir d'un substrat de diamant que l'on fait croître. La croissance est réalisée sous pression réduite, en présence de [méthane](#) et de [dihydrogène](#), qui, sous l'action d'une décharge électrique, donnent un plasma.

Production

En 2011. Monde : 4 380 millions de carats.

| en millions de carats | | | |
|-----------------------|-------|----------------|----|
| Chine | 4 000 | Japon | 34 |
| États-Unis (2017) | 125 | Biélorussie | 25 |
| Russie | 80 | Suède | 20 |
| Afrique du Sud | 60 | Ukraine (2008) | 4 |
| Irlande | 60 | France | 3 |

Source : USGS

En 2019, la production chinoise est de 14,6 milliards de carats.

La production de diamants synthétiques était de 329 millions de carats en 1990.

Producteurs :

Aux États-Unis, la production est assurée par Diamond Innovations, filiale de [Hyperion](#), à Worthington, dans l'Ohio et par Mypodiamond à Smithfiels en Pennsylvanie.

[Element Six](#), détenu, pour la branche abrasifs à 60 % par le groupe De Beers et 40 % par [Umicore](#), possède des usines de production en Irlande à Shannon, au Royaume-Uni dans l'Île de Man, en Suède à Robertfors, en Ukraine à Poltava, en Chine à Suzhou, aux États-Unis à Santa Clara, en Californie et en Afrique du Sud à Springs.

Recyclage

Après utilisation, les diamants industriels peuvent être recyclés, cela a représenté 120 millions de carats, en 2019, aux États-Unis.

Utilisations

Consommation : en 2019, les États-Unis ont consommé 460 millions de carats.

Les diamants synthétiques sont plus adaptés à la plupart des besoins industriels que les diamants naturels : ils possèdent un meilleur pouvoir de coupe et ont une durée d'utilisation plus longue. Ils couvrent 99 % des besoins industriels mondiaux en diamant.

En 1992, plus de 250 000 ct de diamants ont été utilisés pour raboter sur 120 km, la surface (1,8 millions de m² de béton) d'une autoroute américaine, en Floride.

Leur utilisation est limitée à 700°C (transformation en graphite) et au travail de matériaux ne réagissant pas avec le carbone. Ils sont, jusqu'à 1 200°C, remplacés par le nitrure de bore cubique.

Les dépôts de diamant sont utilisés pour usiner des [alliages Al-Si](#), des composites [Al-SiC](#)...