

DIAMANTS 2014

La production de diamants synthétiques est nettement plus importante que celle de diamants naturels. En effet, en 2013, la production de diamants synthétiques a été de 4 400 millions de carats, essentiellement en Chine, celle de diamants naturels, de 125 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 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 c avant taille, 273 c 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.

- 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'un 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).

PRODUCTIONS : en millions de carats, millions de dollars US et \$US/ct, en 2014. Monde : 124,8 millions de carats pour 14 496 millions de \$ US et 116,2 \$US/ct en moyenne.

Pays	Production	Valeur	\$US/ct	Pays	Production	Valeur	\$US/ct
Russie	38,304	3 733	97,5	Angola	8,791	1 317	149,9
Botswana	24,668	3 647	147,8	Afrique du Sud	7,431	1 224	164,8
R.D. du Congo	15,652	137	8,7	Zimbabwe	4,772	239	50,0
Canada	12,012	2 003	166,8	Namibie	1,918	1 156	602,6
Australie	9,288	304	32,8	Sierra Leone	0,620	222	357,5

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, propriété à 97 % de la société [Alrosa](#), sont regroupées dans divers complexes : Udachny pour les cheminées de Udachny et Zarnitsa qui a donné, en 2014, 3,679 millions de carats, Nyurba pour la cheminée de Nyurba et les exploitations alluvionnaires qui a donné, en 2014, 7,363 millions de carats, Mirny pour les cheminées Mir et International, les exploitations alluvionnaires ainsi que celle de rejets antérieurs avec, en 2014, 6,088 millions de carats, Aikhal avec l'exploitation de 3 cheminées (Yubileynaya, Komsomolskaya et Aikhal) avec, en 2014, 12,565 millions de carats, Almazy Anabara avec, en 2014, 3,059 millions de carats et Nizhne-Lenskoye avec, en 2014, 1,8 million de carats. Ces gisements, situés dans la république de Sakha, en Yakoutie, dans le Nord-Est de la Sibérie, posent de gros problèmes d'exploitation à cause de la température hivernale qui peut atteindre les moins 60°C. Alrosa, exploite également un gisement, Severalmaz, dans la région d'Arkhangelsk avec, en 2014, une production de 1,639 million de carats.

Les réserves prouvées et probables d'Alrosa sont, mi- 2013, de 453 millions de t de minerai renfermant en moyenne, 1,34 carat/t, soit 607,5 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 : Orapa, Jwaneng, Letlhakane et Damtshaa, qui ont produit un total de 24,237 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 2014, sa production a été de 11,312 millions de carats. La mine d'Orapa, à une profondeur de 250 m, a produit 12,074 millions de carats, celle de Letlhakane, 547 447 carats et celle de Damtshaa, avec 4 cheminées, 303 219 carats.

- En République Démocratique du Congo, la production est essentiellement artisanale avec comme exploitant industriel [Miba](#), avec des mines dans le Kasai Oriental et Occidental, dont les ventes ont

été, en 2014, de 174 262 carats. Les types de diamants produits au Congo sont incolores, bruns, gris, olives et toute la gamme chromatique des jaunes, cognacs et orangés.

- 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 2014, la production a été de 2,166 millions de carats. Les réserves prouvées et probables sont de 105,8 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 2014, 7,233 millions de carats. Les réserves prouvées et probables sont de 43,2 millions de carats souterrainement et 10 millions de carats à ciel ouvert.

Snap Lake Mine, dans les Territoires du Nord-Ouest, contrôlée par [De Beers](#), a produit, en 2014, 1,2 million de carats.

Victor Mine, dans l'Ontario, contrôlée par [De Beers](#), a produit, en 2014, 650 000 carats.

- Presque toute 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 9,188 millions de carats, en 2014. 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 2014, de 97,6 millions de t de minerai contenant 2,4 carats/t.

- La production angolaise est assurée par le groupe [Endiama](#), qui exploite la principale mine du pays : Catoca.

- En Afrique du Sud, la plupart de la production (à environ 95 %) est assurée par De Beers Consolidated Mines Limited détenue à 74 % par De Beers et 26 % par Ponahulo Holding, voir plus loin.

- 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 plus loin.

Producteurs : en 2014, répartition du marché, en volume, et en valeur.

Sociétés	en volume	en valeur	Sociétés	en volume	en valeur
Alrosa (Russie)	26 %	24 %	Endiama (Angola)	7 %	9 %
De Beers	23 %	34 %	Dominium Diamond (Canada)	4 %	5 %
Rio Tinto	10 %	4 %	Petra Diamond (Afrique du Sud)	3 %	3 %

Source : De Beer

[Alrosa](#), voir ci-dessus avec la production russe.

[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 2014, de 32,6 millions de carats. En millions de carats, en 2014 :

- Namibie : 1,886 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'Elisabeth Bay et Orange River.
- Botswana : 24,237 par Debswana société détenue moitié-moitié par De Beers et l'état du Botswana, dans les mines de d'Orapa (12,074), Jwaneng (11,312), Letlhakane (0,547) et Damtshaa (0,303).
- En Afrique du Sud les exploitations minières sont détenues à 74 % par De Beers et 26 % par Ponahulo Holding. La production a été réalisée dans les mines de Venetia (5,62), Kimberley (5,28), Voorspoed (2,80). Fin 1990, arrêt de l'exploitation de la cheminée de Kimberley, appelée "Big Hole", découverte en 1871. La production s'est poursuivie dans des mines voisines et à partir des terrils puis ces activités ont été vendues, fin 2015, à un consortium formé par Ekapa Mining à 50,1 % et Petra Diamonds à 49,9 %.
- Canada : 1,848 dans les mines de Snap Lake (1,2) dans les Territoires du Nord-Ouest et Victor (0,65), en Ontario.

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](#) provient, outre de la mine d'Argyle, en Australie, voir ci-dessus, des mines de Diavik, au Canada, possédée à 60 %, avec, en 2014, une production, en propre, de 4,34 millions de carats et des réserves de 32 millions de t renfermant 2,9 carats/t et de Murowa, au Zimbabwe, possédée à 77,8 %, avec, en 2014, une production, en propre, de 344 000 carats et des réserves de 3 millions de t de minerai renfermant 1,0 carat/t. Les réserves totales prouvées et probables du groupe sont, en 2014, de 132,6 millions de carats.

[Dominium Diamond](#), voir ci-dessus avec la production canadienne.

[Petra Diamond](#), a produit en 2015, 3,2 millions de carats, principalement en Afrique du Sud avec 4 mines et en Tanzanie avec une mine. En Afrique du Sud, exploite les mines de Finsch, avec 2,066 millions de carats, Cullinan, avec 729 496 carats, Koffiefontein, avec 45 384 carats et la mine souterraine de Kimberley, avec 137 226 carats ainsi que la mine de Williamson, en Tanzanie, avec 202 265 carats. Les réserves prouvées et probables sont de 49,8 millions de carats.

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 2014.

États-Unis	42 %	Japon	5 %
Chine	16 %	Etats du Golfe	8 %
Inde	8 %		

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 $8 \mu\text{m}$. 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 ($\rho > 10^{14} \text{ ohm.cm}$) et le matériau qui possède la conductibilité thermique la plus élevée ($2000 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ 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 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 d'hydrogène, qui, sous l'action d'une décharge électrique, donnent un plasma.

Production : en 2011, en millions de carats. Monde : 4 380.

Chine	4 000	Japon	34
États-Unis (2015)	111	Biélorussie	25
Russie	80	Suède	20
Afrique du Sud	60	Ukraine (2008)	4
Irlande	60	France	3

Source : USGS

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

Producteurs :

- Aux États-Unis, la production est assurée par [Sandvik Hyperion](#), à Worthington, dans l'Ohio.
- [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 37,8 millions de carats, en 2015, aux États-Unis, soit 8 % de la consommation.

Utilisations :

Consommation : en 2015, les États-Unis ont consommé 484 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 c de diamants ont été utilisés pour raboter sur 120 km, la surface (1,8 millions de m^2 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...

