

## DIAMANTS 2012

La production de diamants synthétiques est nettement plus importante que celle de diamants naturels. En effet, en 2012, la production de diamants synthétiques a été de 4 380 millions de carats, essentiellement en Chine, celle de diamants naturels, de 128 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 2012. Monde : 128 millions de carats pour 12,64 millions de \$ US et 98,8 \$US/ct.

Pays	Production	Valeur	\$US/ct	Pays	Production	Valeur	\$US/ct
Russie	34,93	2 874	82,3	Australie	9,18	269	29,3
R.D. du Congo	21,52	183	8,5	Angola	8,33	1 110	133,3
Botswana	20,55	2 979	144,9	Afrique du Sud	7,01	1 027	145,1
Zimbabwe	12,06	644	53,4	Namibie	1,63	900	552,9
Canada	10,45	2 007	192,1	Sierra Leone	0,54	163	301,6

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 2<sup>ème</sup> producteur en valeur 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 2012, 5,8 millions de carats, Nyurba pour la cheminée de Nyurba et les exploitations alluvionnaires qui a donné, en 2012, 8,0 millions de carats, Mirny pour les cheminées Mir et International, les exploitations alluvionnaires ainsi que celle de rejets antérieurs avec, en 2012, 8,7 millions de carats, Aikhal avec l'exploitation de 3 cheminées (Yubileynaya, Komsomolskaya et Aikhal) avec, en 2012, 8,9 millions de carats et enfin Almazy Anabara avec, en 2012, 2,4 millions de carats. Ces gisements, situées 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 2012, une production de 559 000 carats.

Les réserves prouvées et probables d'Alrosa sont, en 2012, de 453 millions de t de minerai renfermant en moyenne, 1,34 carats/t.

- En République Démocratique du Congo, la production est essentiellement artisanale avec comme exploitation industrielle la mine de Miba dont la production a été, en 2012, de 500 726 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 du Botswana est assurée par la société Debswana (en joint venture 50/50 entre De Beers et l'état du Botswana) dans 4 mines : Orapa, Jwaneng, Letlhakane et Damtshaa, voir plus loin, les productions de De Beers. Le Botswana est le premier pays producteur en valeur.

- La production canadienne est assurée par les mines suivantes :

Ekati Diamond Mine, située dans les Territoires du Nord-Ouest, détenue à 80 % par Dominium Diamond Corporation. En 2012, la production a été de 1,78 million de carats. Les réserves sont de 33,9 millions de t de minerai contenant 16,2 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, a produit, en 2012, 7,23 millions de carats.

Snap Lake Mine, dans les Territoires du Nord-Ouest, contrôlée par De Beers, a produit, en 2012, 870 000 carats à partir de 918 000 t de minerai.

Victor Mine, dans l'Ontario, contrôlée par De Beers, a produit, en 2012, 690 000 carats à partir de 3,05 millions de t de minerai.

- 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](#). C'est la plus importante mine de diamants au monde (en volume) avec 8,5 millions de carats, en 2012. 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, à compter de 2013, par une exploitation souterraine. En 25 ans, de 1985 à 2010, la mine a produit 760 millions de carats. Les réserves prouvées et probables sont, fin 2012, de 67 millions de t de minerai contenant 2,1 carats/t.

- 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 2012, en volume, en millions de carats et en valeur, en millions de \$US.

Sociétés	en volume	en valeur	Sociétés	en volume	en valeur
<a href="#">Alrosa</a>	36,9	3 000	<a href="#">Marange</a> (Zimbabwe)	11,4	600
<a href="#">De Beers</a>	27,9	3 900	<a href="#">Endiama</a> (Angola)	6,5	900
R. D. du Congo	21,5	200	<a href="#">Dominium Diamond Corporation</a> (Canada)	2,7	600
<a href="#">Rio Tinto</a>	13,1	2 000	<a href="#">Petra Diamond</a>	2,2	300

Source : rapports des sociétés

La production de [Rio Tinto](#) provient, outre la mine d'Argyle, voir ci-dessus, des mines de Diavik, au Canada, possédée à 60 %, avec, en 2012, une production de 4,3 millions de carats et des réserves de 67 millions de t renfermant 2,1 carats/t et de Murowa, au Zimbabwe, possédée à 78 %, avec, en 2012, une production de 313 000 carats et des réserves de 5,2 millions de t de minerai renfermant 0,9 carat/t. Les réserves totales prouvées et probables du groupe sont, en 2012, de 175,9 millions de carats.

### **De Beers** :

La société De Beers est la plus importante entreprise diamantière du monde. Elle a été fondée en 1888 pour exploiter les mines sud-africaines. Elle est aujourd'hui en activité dans de nombreux pays bien qu'elle reste très présente dans son pays d'origine.

De Beers a trois importants actionnaires, [Anglo American](#) (45 %), la famille Oppenheimer (40 %) et l'Etat du Botswana (15 %). 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 2012, de 27,9 millions de carats extraits de 52,3 millions de t de minerai. En millions de carats, en 2012 :

- 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'Elisabeth Bay et Orange River.

- Botswana : 20,2 par De Beers Botswana Mining Company (Debswana) société détenue moitié-moitié par De Beers et l'état du Botswana, dans les mines de d'Orapa (12,25), Jwaneng (6,02), Letlhakane (2,22) et Damtshaa (1,39).

- Afrique du Sud : 4,4 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 se poursuit dans des mines voisines et à partir des terrils. Les exploitations minières sont détenues à 74 % par De Beers et 26 % par Ponahulo Holding.

- Canada : 1,6 dans les mines de Snap Lake (0,87) dans les Territoires du Nord-Ouest et Victor (0,69), en Ontario.

- La Diamonds Trading Company a été créé en 1999 en remplacement de la Central Selling Organization. Cette société vend près de 40 % de la production mondiale et contrôle le marché.

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

**Utilisations** : en 2012, à 50 % dans l'industrie et à 50 % dans la joaillerie.

Répartition de la consommation de diamants, en joaillerie, en valeur, en 2012.

Etats-Unis	37 %	Japon	10 %
Chine	13 %	Etats du Golfe	8 %
Inde	9 %		

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.

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 ( $2000 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$  à  $20^\circ\text{C}$ ). Les diamants se transforment en graphite à l'air vers  $600^\circ\text{C}$  et sous vide vers  $1500^\circ\text{C}$ .

### DIAMANT SYNTHÉTIQUE :

**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  $1728^\circ\text{C}$ , 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  $1 \text{ mm/jour}$ . 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  $10 \text{ }\mu\text{m}$ ) 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
Etats-Unis (2012)	104	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 Etats-Unis, la production est assurée par [Diamond Innovation](#) à Worthington, dans l'Ohio et par Mypodiamond à Smithfield, 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'Ile de Man, en Suède à Robertfors, en Ukraine à Poltava, en Chine à Suzhou, aux Etats-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 millions de carats, en 2012, aux Etats-Unis, soit 6 % de la consommation.

### **Utilisations :**

Consommation : en 2012, les Etats-Unis ont consommé 613 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 97 % 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<sup>2</sup> 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...