

DIAMANTS 2010

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. En 2008, la teneur des mines exploitées par de Beers est, en moyenne, de 57 carats pour 100 tonnes avec des teneurs comprises entre 102,5 c/100 t dans la mine Victor, au Canada, et 6,3 c/100 t pour le littoral Namibien.

Plus gros diamant découvert : le Cullinan en 1905 dans la mine Premier (Afrique du Sud) : 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 (Afrique du Sud) : 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. Par exemple, en 2008, dans les exploitations du littoral namibien, 16,9 millions de t de minerai ont été traitées pour obtenir 1,1 million de carats.

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

Après broyage du minerai, un enrichissement est effectué à l'aide de techniques gravimétriques, par exemple à l'aide d'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 2010. Monde : 128 millions de carats pour 11 393 millions de \$ US et 88,8 \$US/ct.

Pays	Production	Valeur	\$US/ct	Pays	Production	Valeur	\$US/ct
Botswana	22,0	2 586	117,5	Australie	10,0	252	25,2
Russie	34,9	2 382	68,4	Lesotho	0,1	198	1 816,6
Canada	11,8	2 305	195,3	R.D. du Congo	20,2	174	8,6
Afrique du Sud	8,9	1 194	134,7	Sierra Leone	0,4	106	242,4
Angola	8,4	976	116,8	R. Centre Africaine	0,3	49	162,1
Namibie	1,7	744	439,6	Guinée	0,4	28	74,7
Zimbabwe	8,4	340	40,3	Libéria	0,03	16	600,0

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^{ème} 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 Udachnaya et Zarnitsa qui a donné, en 2007, 34,2 % de la production en valeur, Nyurba pour la cheminée de Nyurba et les exploitations alluvionnaires pour 24,1 % de la production en valeur, Mirny pour la cheminée International, les exploitations alluvionnaires ainsi que celle de rejets antérieurs avec 23,5 % de la production en valeur, Aikhal avec l'exploitation de 3 cheminées (Jubilee, Komsomolskaya et Aikhal) et enfin Anabar. Ces gisements, situées dans la république de Sakha-Yakutsk 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.
- La production du Botswana est assurée par la société Debswana (commune à De Beers et à 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.
- 25 % de la production de la République Démocratique du Congo provient de la mine de Miba. Les types de diamants produits au Congo sont incolores, bruns, gris, olives et toute la gamme chromatique des jaunes, cognacs et orangés.
- 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 15,1 millions de carats, en 2008, extraits de 6,8 millions de t de minerai. 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, devrait être relayée, à compter de 2012, par une exploitation souterraine. En 25 ans, de 1985 à 2010, la mine a produit 760 millions de carats. Les réserves prouvées sont, fin 2008, de 19 millions de t contenant 1,3 c/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.
- En Namibie, la production est d'excellente qualité, plus de 98 % des diamants sont de qualité joaillerie. La production est assurée par Namdeb Diamonds Corporation, société détenue à parts égales entre De Beers et le gouvernement namibien. La moitié de la production provient des opérations offshore.

Producteurs : en 2007, en %, en volume et en valeur.

Sociétés	en volume	en valeur	Sociétés	en volume	en valeur
De Beers	34 %	48 %	Angola	6 %	9 %
Alrosa	19 %	16 %	BHP Billiton	2 %	4 %
Rio Tinto	16 %	8 %	Harry Winston	2 %	3 %

Source : Rio Tinto Diamonds, Annual Review

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 2008, une production de 9,2 millions de carats extraits de 2,4 millions de t de minerai et de Murowa, au Zimbabwe, possédée à 78 %, avec, en 2008, une production de 264 000 carats. Les réserves du groupe sont, en 2008, de 237,6 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 dans 17 exploitations pour un total, en 2010, de 33 millions de carats extraits de 54,5 millions de t de minerai. En millions de carats, en 2010 :

- Namibie : 1,47 par Namdeb [Marine \(offshore\)](#) et [Namdeb Onshore](#) dans les mines d'Elisabeth Bay et Orange River. Les sociétés exploitantes sont détenues à 50 % par De Beers et 50 % par l'état Namibien.

- Botswana : 22,22 par De Beers Botswana Mining Company ([Debswana](#)) société détenue moitié-moitié par De Beers et l'état du Botswana, dans les mines de Jwaneng (11,47), d'Orapa (9,53) et Letlhakane (1,22).

- Afrique du Sud : 7,56 dans les mines de Venetia (4,29), Finsch (1,58), Kimberley (0,82), [du Namaqualand](#) (0,10), l'exploitation marine ([Sasa](#), 0,03) et [Voorspoed](#) (0,73). 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 : 1,75 dans les mines de [Snap Lake](#) (0,93) dans les Territoires du Nord-Ouest et [Victor](#) (0,83), 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](#) (3 600 personnes). Les usines de production sont situées en Irlande (Shannon), Royaume-Uni (Ile de Man), Suède (Robertfors), Ukraine (Poltava), Chine (Suzhou) et Afrique du Sud (Springs).

Utilisations : en 2005, à 45 % dans l'industrie et à 55 % dans la joaillerie.

Utilisé dans l'industrie pour sa dureté (10, par définition, dans l'échelle de Mohs) dans les abrasifs, filières, trépan. 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 $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ à 20°C). Les diamants se transforment en graphite à l'air vers 600°C et sous vide vers 1500°C.

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°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 2009, en millions de carats. Monde : 4 380.

Chine	4 000	Japon	34
Etats-Unis	91	Biélorussie	25
Russie	80	Suède	20
Afrique du Sud	60	Ukraine	8
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, Ohio et par Mypodiamond à Smithfield, Pennsylvanie.
- [Element Six](#), du groupe De Beers, possède des usines de production en Suède (Robertfors), en Afrique du Sud (Springs) et en Chine (Suzhou).

Utilisations :

Consommation : en 2005, avec 441 millions de carats, les Etats-Unis consomment 78,5 % de la production mondiale.

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...