

## COBALT 2019

### Matières premières

La teneur de l'écorce terrestre est comprise entre 25 et 29 ppm de cobalt.

### Minerais

Ils sont très nombreux sous forme d'oxydes, carbonates, sulfures, arséniures (smaltite :  $\text{CoAs}_2$ ), thioarséniures (cobaltite :  $\text{CoAsS}$ )... de teneurs variant de 0,5 à 2,5 % de Co. Dans les gisements exploités, le cobalt est, en général, associé au [cuivre](#) ou au [nickel](#) et est co-produit lors des opérations métallurgiques d'obtention ces éléments.

Le cobalt est co-produit de l'extraction de minerais de cuivre en République Démocratique du Congo et en Zambie, de l'extraction de minerais sulfurés de nickel en Russie, Canada, Australie, de minerai latéritiques de nickel en Nouvelle Calédonie, Cuba, Indonésie, Australie, Philippines, Madagascar. En Afrique du Sud, le cobalt est, en partie, co-produit de l'exploitation de métaux précieux.

La seule mine exploitant exclusivement un minerai de cobalt, de la smaltite ( $\text{CoAs}_2$ ), hors la production artisanale de la R.D. du Congo, est celle de Bou Azzer au Maroc.

En 2018, 72 % du cobalt extrait provient de mines de cuivre, 26 % de mines de nickel et 1 % de la mine de cobalt de Bou Azzer. 6,7 % des revenus des exploitations minières de nickel proviennent du cobalt, 1,3 % pour celles de cuivre.

Lorsque le minerai de nickel est destiné à la fabrication de ferronickel, le cobalt contenu n'est pas récupéré.

### Productions minières

En 2019. Monde : 143 600 t.

en t de Co contenu			
R.D. du Congo	100 000	Madagascar	3 300
Russie	6 100	Papouasie Nlle Guinée	3 100
Australie	5 100	Canada	3 000
Philippines	4 600	Afrique du Sud	2 400
Cuba	3 500	Maroc	2 100

Source : USGS

**République Démocratique du Congo** : la production provient des provinces de Lualaba et du Haut-Katanga où, outre des mines, les tailings (rejets miniers) des anciennes exploitations de cuivre renferment des quantités importantes de cobalt. La production congolaise est principalement exportée sous forme de concentrés miniers mais aussi à un degré moindre, après un premier traitement pyrométallurgique, sous forme d'alliage blanc (voir plus loin la partie métallurgie) ou

encore sous forme d'hydroxyde, de carbonate ou de métal obtenu par électrolyse.

Il y a 15 producteurs dont 6 représentent 80 % de la production du pays. En 2016, avec une production de 63 789 t de cobalt contenu, le métal raffiné, sous forme de sel ou de métal, a représenté 400 t dont 134 t pour le métal obtenu par électrolyse.

La production est pénalisée par les difficultés de fourniture d'énergie électrique et les problèmes de transport.

- [Glencore](#) contrôle la mine de Mutanda avec des réserves prouvées et probables de 130 millions de t de minerai renfermant 1,51 % de Cu et 0,70 % de Co et une production, en 2019, de 103 200 t de Cu et 25 100 t de Co. Glencore contrôle également 64,7 % de la société [Katanga Mining](#) qui possède en particulier la mine souterraine de Kamoto, avec 124 millions de t de réserves prouvées et probables de minerai contenant 3,2 % de Cu et 0,53 % de Co et une production, en 2019, de 234 500 t de Cu et 17 100 t de Co. Fin 2018, l'exportation de l'hydroxyde de cobalt produit par Katanga Mining a été suspendue temporairement et reprise depuis à cause d'un teneur trop élevée en uranium. Une unité d'extraction de l'uranium par résines échangeuses d'ions est en cours de construction. Fin 2019, la production de la mine de Mutanda a été suspendue.
- La société Tenke Fungurume Mining, détenue à 80 % par [China Molybdenum](#) qui a acheté, en 2016, les parts de [Freeport McMoRan](#) et de [Lundin Mining](#), et 20 % par [Gécamines](#), exploite, à ciel ouvert, une mine possédant des réserves prouvées et probables de 177,7 millions de t de minerai contenant 2,4% de Cu et 0,33 % de Co. En 2019, la production a été de 117 956 t de Cu et 16 098 t de Co. Le minerai, traité en partie par hydrométallurgie, donne après lixiviation, extraction par solvant et électrolyse des cathodes de cuivre et de l'hydroxyde de cobalt.
- Le groupe chinois [Zhejiang Huayou Cobalt](#) contrôle les sociétés Congo Dang Fang International et Minière de Kasombo (Mikas).
- Le groupe indien [Shalina](#) contrôle la société [Chemaf](#) qui exploite la mine Etoile, avec, en 2017, une production de 27 000 t de Cu et 5 000 t de Co.
- Le groupe kazakh [Eurasian Resources Group](#) (ERG) possède 70 % de la société Boss Mining, à côté de Gécamines avec 30 %, qui exploite la mine de Kakanda avec des réserves de 14,9 millions de t de minerai renfermant 2,6 % de Cu et 0,1 % de Co. En 2015, la production avait été de 4 640 t de cobalt contenu, envoyé d'une part à la raffinerie de Chambishi, en Zambie et d'autre part exporté en Chine. En février 2019, l'exploitation de la mine de Kakanda a été suspendue. ERG exploite également les mines de Frontier avec 84 254 t de Cu, en 2019 et Comide. ERG a débuté par ailleurs, en 2019, le projet Metalkol RTR à Kolwezi qui envisage de traiter pendant 50 ans, 112,8 millions de t de rejets miniers renfermant 1,49 % de Cu et 0,32 % de Co, soit un total de 1,68 million de t de Cu et 360 000 t de Co, avec une production annuelle dans une première phase de 77 000 t de Cu et 14 000 t de Co.
- La Société de Traitement du Terril de Lubumbashi (STL) détenue par le groupe public [Gécamines](#) exploite une partie de l'accumulation, entre 1924 et 1992, des scories issues des activités métallurgiques de l'Union Minière du Haut Katanga puis de la Gécamines. La partie exploitée représente 4,5 millions de t de scories, sur un total de 14,5 millions de t, renfermant 2,1 % de cobalt. Un traitement pyrométallurgique sur place donne un « alliage blanc », renfermant 18 % de Co, 10 % de Cu, qui est raffiné, en Finlande à Kokkola. La production, en 2016, en métal contenu, avait été de 3 900 t de cobalt, avec une capacité de

production de 5 500 t/an de cobalt, 4 000 t/an de cuivre et 22 000 t/an d'oxyde de zinc. La production, interrompue entre 2017 et 2019 a repris en octobre 2019.

- Le groupe chinois [Jinchuan](#) a pris le contrôle de la société [Metorex](#) qui exploite (avec 75 % des parts de la société, 25 % pour Gécamines) la mine de Ruashi avec des réserves prouvées et probables de 7,2 millions de t de minerais renfermant 2,9 % de Cu et 0,2 % de Co ainsi que 5 millions de t de terrils renfermant 1,2 % de Cu et 0,3 % de Co. En 2019, la production a été de 33 824 t de Cu et de 5 070 t de cobalt contenu sous forme d'hydroxyde exporté en Chine.
- [Gécamines](#), groupe contrôlée par l'État congolais détient des participations dans de nombreuses sociétés minières.
- De nombreuses exploitations artisanales, contrôlées principalement par des intérêts chinois, sont en activité, avec une part estimée de 20 à 25 % de la production congolaise totale.

En **Russie**, la production est principalement assurée par [Nornickel](#) (Norilsk) comme co-produit de la production de [nickel](#), voir ce chapitre. Le minerai est traité, en Russie dans la péninsule de Kola ou en Finlande dans la raffinerie de Harjavalta.

#### **Australie :**

- Nickel West, filiale de [BHP-Billiton](#) exploite, en Australie de l'Ouest, des minerais sulfurés de nickel à Mt Keith et Leinster qui ont produit, en 2019, du cobalt et 87 400 t de Ni.
- [Minara Ressources](#), filiale du groupe [Glencore](#) exploite des minerais latéritiques de nickel, à Murrin Murrin, avec des réserves de 141,4 millions de t de minerai contenant 1,03 % de Ni et 0,086 % de Co. L'exploitation est prévue durer 40 ans. En 2019, la production de Murrin Murrin a été de 36 600 t de nickel et 3 400 t de cobalt.

**Philippines** : la société [Nickel Asia Corporation](#) exploite des mines de nickel et exporte une grande partie de son minerai en Chine et au Japon pour la production de ferronickel mais aussi extrait du minerai de limonite, dans deux mines, Rio Tuba, dans l'île de Palawan, détenue à 60 %, qui a produit, en 2019, 3,43 millions de t de limonites livrées à l'usine hydrométallurgique de Coral Bay et Taganito, au nord de l'île de Mindanao, détenue à 65 %, qui a produit, en 2019, 4,93 millions de t de limonites livrées à l'usine hydrométallurgique de Taganito. Les réserves prouvées et probables de limonites sont de 156,3 millions de t de minerai renfermant 1,14 % de Ni et du cobalt. Les usines de Coral Bay détenue à 54 % par Sumitomo, 18 % par Mitsui, 18 % par Sojitz et 10 % par Nickel Asia avec une capacité de production de 24 000 t/an de Ni contenu et 1 500 t/an de Co contenu et une production, en 2019, de 19 100 t de Ni et Taganito détenue à 75 % par Sumitomo, 15 % par Mitsui de 10 % par Nickel Asia avec une capacité de 36 000 t/an de Ni contenu et 3 000 t/an de Co contenu et une production, en 2019, de 32 300 t de Ni produisent du sulfate double de nickel et de cobalt renfermant 57 % de Ni et 4 % de Co exporté au Japon pour être raffiné par [Sumitomo Metal Mining Company](#) (SMMC).

**Cuba** : le gisement de Moa Bay, situé dans la province de Holguin, est exploité par Moa Joint Venture, détenue moitié-moitié par [Sheritt](#) et General Nickel Company, société de l'État cubain. Le minerai latéritique, extrait à ciel ouvert et concentré sous forme de sulfures mixtes de nickel et de cobalt, est traité dans la raffinerie de Fort Saskatchewan, dans l'Alberta, au Canada. En 2019, la production a été de 33 108 t de Ni et 3 376 t de Co. Les réserves prouvées et probables sont de 53,4 millions de t renfermant 1,16 % de Ni, 0,13 % de Co.

**Madagascar** : l'exploitation d'[Ambatovy](#), détenue à 12 % par [Sherritt](#), 47,7 % par [Sumitomo Metal Mining](#) et 40,3 % par [Kores](#) est entrée en production en 2012. Le gisement de latérite s'étend sur une surface de 1 800 hectares à une profondeur comprise entre 20 et 100 m. Le minerai additionné d'eau forme une pulpe envoyée à un débit de 836 t/h par un pipeline de 220 km, en 30 heures, jusqu'à l'usine de transformation de Toamasina. Le minerai est traité par hydrométallurgie à l'aide d'une lixiviation à l'[acide sulfurique](#) sous pression, à 5 000 kPa et 260°C, dans des autoclaves selon le procédé Sherritt (voir plus loin). La capacité de production prévue est de 60 000 t/an de Ni, 5 600 t/an de Co et 210 000 t/an de sulfate d'ammonium destiné à l'industrie des engrais. Le nickel et le cobalt à 99,8 % sont livrés en poudre ou briquettes. En 2019, la production a été de 33 733 t de Ni, 2 900 t de Co et 81 850 t de sulfate d'ammonium ont été vendues. Les réserves prouvées et probables sont de 152,1 millions de t renfermant 0,93 % de Ni et 0,08 % de Co.

**Papouasie Nouvelle Guinée** : la société [Ramu Nickel](#), détenue à 85 % par des intérêts chinois ([China Metallurgical Group](#), Jilin Jien Nickel, Jiuquan Iron & Steel et Jinchuan), 6,44 % par des sociétés étatiques de Papouasie et 8,56 % par la société australienne Highlands Pacific, acquise en janvier 2019 par le fonds d'investissement canadien [Cobalt 27](#), exploite à ciel ouvert un minerai latéritique de nickel-cobalt dans la mine de Krumbukari. Le minerai sous forme de pulpe est acheminé par un pipeline de 135 km de long jusqu'à la raffinerie de Basamuk où le minerai est traité par lixiviation acide haute pression pour donner un mélange d'hydroxydes de nickel et de cobalt. En 2018, la production a été de 35 355 t de Ni et 3 275 t de Co. Les réserves prouvées et probables sont de 56 millions de t de minerai renfermant 0,9 % de Ni et 0,1 % de Co.

#### **Canada :**

- La mine à ciel ouvert de Voisey's Bay, au Labrador, exploitée par [Vale](#), a débuté sa production en novembre 2005. Elle devrait devenir souterraine en 2022. Ses réserves prouvées et probables sont de 28,9 millions de t de minerai à 2,11 % de Ni, 0,92 % de Cu, 0,13 % de Co. L'extraction est de 6 000 t/jour avec production d'un concentré de cuivre et d'un concentré mixte Ni-Cu-Co. Les concentrés sont expédiés dans la raffinerie de Long Harbour, à Terre Neuve. En 2019, la production a été de 35 400 t de Ni, 25 000 t de Cu, 1 583 t de Co.

Par ailleurs, Vale exploite des mines souterraines à Sudbury, en Ontario, possédant des réserves de 58,1 millions de t de minerai renfermant 1,38 % de Ni, 1,75 % de Cu, 0,04 % de Co, 1,26 g/t de Pt, 1,52 g/t de Pd, 0,47 g/t de Au. La production de Sudbury a été, en 2019, de 93 000 t de Cu, 50 800 t de Ni, 495 t de Co, 4,6 t de Pt, 5,7 t de Pd, 2,1 t de Au. La mine souterraine de Thomson, dans le Manitoba, a produit, en 2019, 11 300 t de Ni, 1 000 t de Cu et 80 t de Co.

- [Glencore](#), exploite 2 mines souterraines à Sudbury (Fraser et Nickel Rim South) et 4 mines souterraines à Raglan, dans la province de Québec. Les concentrés miniers sont expédiés à la fonderie de Sudbury pour former des mattes qui sont traitées dans la raffinerie de Kristiansand, en Norvège, cette dernière produisant les métaux purs. Les réserves des mines de Sudbury et Raglan sont de 29,2 millions de t contenant 2,2 % de Ni, 0,89 % de Cu, 0,05 % de Co, 0,55 g/t de Pt, 0,98 g/t de Pd. En 2019, les mines canadiennes de Glencore ont donné 60 300 t de nickel, 44 200 t de cuivre, 700 t de cobalt, 15,8 t d'argent, 0,9 t d'or, 3,5 t de palladium, 1,6 t de platine, 124 kg de rhodium.

**Maroc** : la Compagnie de Tifnout Tiranimine (CTT), filiale du groupe [Managem](#), exploite la mine de Bou Azzer et traite, par hydrométallurgie, le minerai à Guemassa en produisant des cathodes de

cobalt à 99,3 %. Le minerai d'arséniure de cobalt est relativement riche avec environ 1 % de Co. Les réserves sont de 15 652 t de métal contenu. En 2019, la production est de 2 397 t de cathodes de cobalt.

**Nouvelle Calédonie** : la présence de cobalt est associée à celle du nickel.

Carte des sites d'activité du nickel en Nouvelle Calédonie, DIMENC/SMC.

- Le groupe [Eramet](#) contrôle 56 % de la Société Le Nickel (SLN) qui exploite, en Nouvelle Calédonie, des mines de nickel renfermant du cobalt (voir le chapitre [Nickel](#)). Le minerai était transformé sur place pour donner du ferronickel et des mattes de nickel, ces dernières étant traitées, jusqu'en août 2016, en métropole, à Sandouville (76) pour donner les métaux purs nickel et cobalt. En 2016, la production avait été de 119 t de cobalt contenu dans des mattes de nickel-cobalt. Depuis, la production de mattes est arrêtée et convertie en ferronickel supplémentaire. En conséquence, le cobalt contenu dans le minerai n'est plus récupéré.
- Le groupe [Vale](#) détient 80,5 % de la mine de Goro, renfermant un gisement de 122,2 millions de t de minerai latéritique contenant 1,42 % de Ni et 0,08 % de Co. En 2019, la production a été de 23 400 t de Ni et 1 703 t de Co.
- Le groupe [Glencore](#) détient 49 % de la société [Koniambo Nickel](#) en association avec la [Société Minière du Sud Pacifique](#) (51 %) qui exploite le minerai du massif de Koniambo et a construit l'Usine du Nord près de Koné. La production a débuté fin 2013. L'usine pyrométallurgique a produit, en 2019, 23 700 t de nickel dans du ferronickel. Les réserves de minerai sont de 41,8 millions de t contenant 2,22 % de Ni. Le cobalt contenu dans le minerai n'est pas récupéré.

**Zambie** : l'essentiel de la production zambienne provient des mines de Nchanga et Konkola exploitées par la société [Konkola Copper Mines](#) filiale à 79,4 % du groupe indien [Vedanta Resources](#). Les réserves de la mine à ciel ouvert sont de 255,2 millions de t de minerai contenant 1,29 % de Cu et 0,21 % de Co. En 2015, la production avait été de 1 400 t de cobalt contenu, expédiées en Chine pour raffinage. En 2019, la production de cuivre est de 91 000 t.

Dans l'**Union européenne**, des mines sont exploitées principalement en Finlande avec celles de :

- Talvivaara, près de Sotkamo, exploitée par [Terrafame](#) qui a produit, en 2019, 55 222 t de Zn, 27 468 t de Ni, du cuivre et du cobalt,
- Kevitsa exploitée par [Boliden](#) qui a produit, en 2019, 19 763 t de Cu, 9 021 t de Ni, 445 t de Co, 407 kg d'or, 953 kg de Pt et 699 kg de Pd, avec des réserves prouvées et probables de 140,3 millions de t de minerai renfermant 0,32 % de Cu, 0,24 % de Ni, 0,01 % de Co, 0,11 g/t de Au, 0,22 g/t de Pt et 0,15 g/t de Pd,
- Kylylahti également exploitée par [Boliden](#) qui a produit, en 2019, 4 826 t de Cu, 731 t de Ni, 445 t de Co et 480 kg d'or, avec des réserves prouvées et probables de 500 000 t de minerai renfermant 0,6 % de Cu, 0,24 % de Ni, 0,17 % de Co, 0,3 % de Zn et 1,1 g/t de Au.

### **Commerce international de minerais et concentrés**

En 2019, en t de produits.

**Principaux pays exportateurs** : sur un total de 98 111 t.

en t de minerais et concentrés

R.D. du Congo	93 271	Irlande	190
Thaïlande	3 581	Zambie	130
Malaisie	318	Hong Kong	129

Source : ITC

Les exportations congolaises sont destinées à 92 % à la Chine, 8 % au Maroc.

**Principaux pays importateurs** : sur un total de 100 691 t.

en t de minerais et concentrés

Chine	90 244	Corée du Sud	467
Maroc	7 400	Malaisie	321
Finlande	1 753	Hong Kong	153

Source : ITC

Les importations chinoises proviennent à 95 % de la R.D. du Congo, 3 % d'Afrique du Sud.

## Réserves

En 2019. Monde : 7,0 millions de t.

en milliers de t de Co contenu

R.D. du Congo	3 600	Russie	250
Australie	1 200	Canada	230
Cuba	500	Madagascar	120
Zambie	270	Chine	80
Philippines	260	Papouasie Nlle Guinée	56

Source : USGS

Des ressources significatives de cobalt, non exploitables dans les conditions économiques actuelles, sont aussi présentes dans des nodules sous-marins, par exemple dans l'océan Pacifique. Ces ressources sont estimées contenir entre 2,5 et 10 millions de tonnes de cobalt.

## Métallurgie

Les minerais sont traités par voie pyrométallurgique suivie par des opérations hydrométallurgiques ou directement, plus récemment, par voie hydrométallurgique.

- Les minerais de cuivre-cobalt de République Démocratique du Congo et de Zambie sont soit traités, en deux étapes, par voie pyrométallurgique puis hydrométallurgique soit traités directement par voie hydrométallurgique (voir dans ce dernier cas le chapitre [cuivre](#)). Ces dernières années, le traitement direct par voie hydrométallurgique s'est fortement développé. Il consiste en une lixiviation à l'aide d'acide sulfurique suivie d'une extraction du cuivre par solvant spécifique puis d'une électrolyse donnant des cathodes de cuivre. La solution de lixiviation après extraction du cuivre donne en milieu basique, par ajout



de chaux, un précipité d'hydroxyde de cobalt  $\text{Co}(\text{OH})_2$  qui est commercialisé.

Dans le cas d'un traitement par pyrométallurgie puis hydrométallurgie, le minerai après ajout de [coke](#) (10 % de la masse du minerai) est réduit au four électrique. La consommation d'énergie est de 12 000 kWh/t de Co. On obtient une scorie contenant 15 % de Co qui est recyclée, un alliage « blanc » contenant 42 % de Co, 15 % de Cu, 39 % de [Fe](#) et un alliage « rouge » à 89 % de Cu, 4 % de Co, 4 % de Fe. Le cobalt de ce dernier alliage est récupéré lors des opérations de métallurgie du cuivre. L'alliage blanc est dissous à chaud dans [H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>](#). Le cuivre est précipité par cémentation à l'aide de fer. Le cobalt est précipité en milieu basique (ajout de [chaux](#)) par du [carbonate de sodium](#). On obtient du carbonate de cobalt.

- Les minerais oxydés de nickel-cobalt, sont traités traditionnellement en 2 étapes, pyrométallurgique puis hydrométallurgique. C'était le cas, en partie, des minerais de Nouvelle Calédonie exploités par le groupe Eramet, voir le chapitre [nickel](#).
- Actuellement, se développe le traitement des minerais oxydés de nickel-cobalt uniquement par voie hydrométallurgique. Le procédé Sherrit, a été mis au point pour traiter, dans la raffinerie de Fort Saskatchewan, en Alberta, au Canada, le minerai cubain de Moa Bay. Il est employé également, par exemple à Murrin Murrin, en Australie, par le groupe Glencore et à Goro, en Nouvelle Calédonie, par le groupe Vale. Les minerais sont traités par lixiviation acide, sous pression (procédé HPAL : « High Pressure Acid Leaching »). Le minerai mis en suspension dans l'eau est placé dans un autoclave, vers 270°C, sous environ 5 MPa, en présence d'[acide sulfurique](#) (de 360 à 440 kg/t de minerai). De nombreux éléments passent en solution et, en particulier,  $\text{Co}^{2+}$  et  $\text{Ni}^{2+}$ . Après élimination des ions ferriques et aluminium par neutralisation à l'aide de lait de chaux, du cuivre par résine échangeuse d'ions,  $\text{Co}^{2+}$  et  $\text{Ni}^{2+}$  et  $\text{Zn}^{2+}$  sont extraits par solvant organique puis élués à l'aide d'[acide chlorhydrique](#). Leur concentration est ainsi augmentée d'un facteur 20.  $\text{Zn}^{2+}$  est ensuite éliminé à son tour sur résine échangeuse d'ions puis les ions  $\text{Co}^{2+}$  et  $\text{Ni}^{2+}$  séparés par solvants spécifiques. En général, on obtient une solution de chlorure de cobalt qui à l'aide de carbonate de sodium donne du carbonate de cobalt qui précipite. La solution de chlorure de nickel est traitée par pyrohydrolyse vers 820°C pour donner de l'oxyde de nickel.
- Les minerais sulfurés de nickel-cobalt sont traités, traditionnellement, par voie pyrométallurgique. Un nouveau procédé, hydrométallurgique, dérivé du traitement des minerais oxydés est développé, par Vale, pour traiter les concentrés de la mine de Voisey's Bay. Il consiste à réaliser une lixiviation sous pression, environ 10 atm., vers 150°C, en présence d'acide sulfurique et de [dioxygène](#). Après neutralisation et élimination de l'alumine et de l'oxyhydroxyde de fer,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$  et  $\text{Ni}^{2+}$  sont extraits par des solvants spécifiques.

## Productions métallurgiques

En 2019. Monde : 125 900 t, Union européenne (Finlande, Belgique, France, Allemagne), en 2018 : 12 339 t.

en t de cobalt raffiné

Chine	79 950	Japon	4 150
-------	--------	-------	-------

Finlande	13 340	Australie	3 400
Canada	6 170	Madagascar	2 900
Belgique*	5 670	Russie	2 270
Norvège	4 410	Maroc	1 510

Sources : Darton Commodities et rapports des sociétés

\* Une partie de la production belge est réalisée par Umicore en Chine.

La production de cobalt raffiné de la République Démocratique du Congo est faible, avec 400 t, en 2016, en regard de la production minière, cette dernière, l'hydroxyde de cobalt ou l'alliage blanc produit localement étant exporté principalement vers la Chine et la Finlande. Une partie de la production minière de R.D. du Congo était traitée, avant sa fermeture, en Zambie, dans la raffinerie de Chambishi.

Les principaux producteurs sont chinois avec [Zhejiang Huayou Cobalt](#) qui a produit, en 2019, 23 307 t de cobalt, [Jinchuan](#), [Shenzhen GEM](#) avec des activités de recyclage...

En Finlande, la société [Freeport Cobalt](#) détenue à 56 % par [Freeport McMoRan](#), 24 % par [Lundin Mining](#) et 20 % par [Gécamines](#), traite dans sa raffinerie de Kokkola les minerais congolais de Tenke Fungurume Mining. Fin 2019, les parts de Freeport et de Lundin Mining ont été vendues à Umicore. Par ailleurs, [Nornickel](#) (Norilsk) traite une partie de ses minerais russes dans sa raffinerie de Harjavalta où sur le même site [Boliden](#) produit des mattes de nickel qui sont en partie exportées, en France, vers l'usine [Eramet](#) de Sandouville.

En Norvège, [Glencore](#), dans sa raffinerie de Kristiansand, traite les mattes issues de la fonderie canadienne de Sudbury.

Les minerais cubains sont traités au Canada et en Chine.

**Commerce international de mattes, produits intermédiaires de cobalt (métal blanc, hydroxyde, carbonate) et métal brut** : en 2019, sur un total de 399 694 t de produits.

Principaux pays exportateurs :

			en t de produits
R.D. du Congo	302 627	Pays Bas	6 601
Malaisie	18 165	États-Unis	5 883
Canada	9 279	Belgique	5 611
Russie	8 583	Norvège	4 745

Source : ITC

Les exportations congolaises sont destinées à 97 % à la Chine.

Principaux pays importateurs :

			en t de produits
Chine	303 048	Japon	9 367
Malaisie	21 674	Pays Bas	7 163
États-Unis	14 757	Royaume Uni	5 432



Belgique 9 856      Canada 4 894

Source : ITC

Les importations chinoises proviennent à 97 % de la R.D. du Congo.

**Recyclage et stocks stratégiques** : le recyclage du cobalt représente, en 2019, aux États-Unis, 29 % de la consommation.

Il y a eu une diminution continue des stocks stratégiques au cours des dernières années. La DLA (Defense Logistics Agency) des États-Unis ne détient plus que 302 tonnes. Les États-Unis n'ont pas vendu de cobalt issu des stocks stratégiques depuis 2011 alors que ce montant atteignait 2 720 t en 2000.

**Principaux producteurs mondiaux** : en 2018 ou 2019.

en tonnes			
<a href="#">Glencore</a> (Norvège, R.D. du Congo, Australie)	46 300	<a href="#">Sumitomo Metal Mining Co.</a> (Japon)	3 669
<a href="#">China Molybdenum</a> (Chine, Finlande)	18 747	<a href="#">Sherritt</a> (Canada et Madagascar)	1 956
<a href="#">Umicore</a> (Belgique, Chine)	6 360	<a href="#">Norilsk</a> (Russie)	1 800
<a href="#">Jinchuan</a> (Chine)	6 000	<a href="#">CTT</a> (Maroc)	1 619
<a href="#">Vale</a> (Canada, Nlle Calédonie)	4 378	<a href="#">Eurasian Resources Group</a> (Zambie)	1 613

Sources : Cobalt Institute et rapports des sociétés

- [Glencore](#), qui exploite des gisements de nickel-cobalt à Sudbury, Alberta, et Raglan, province du Québec, au Canada, produit des cathodes de cobalt à Kristiansand, en Norvège, à partir des mattes de nickel canadiennes. Les productions congolaises et australiennes sont valorisées sous forme d'hydroxyde de cobalt ou de métal.
- [China Molybdenum](#) traite une partie de ses minerais congolais de Tenke Fungurume Mining dans la raffinerie finlandaise de Umicore à Kokkola.
- [Umicore](#) produit des composés de cobalt à Olen, en Belgique et à Ganzhou, en Chine, à travers une société détenue à 40 %. Fin 2019 a acquis la raffinerie de Kokkola, en Finlande.
- [Jinchuan](#), exploite en Chine, le gisement sulfuré de cuivre, nickel, cobalt de Jinchuan et le raffine sur place avec des produits importés de R.D. du Congo, d'Australie et de Papouasie Nouvelle Guinée. Possède une capacité de production de 600 000 t/an de cuivre, 150 000 t/an de nickel et 10 000 t/an de cobalt.
- En 2019, [Vale](#) a produit au Canada 1 092 t à Port Colborne, dans l'Ontario et 1 483 t à Long Harbour, à Terre Neuve ainsi que 1 703 t en Nouvelle Calédonie.
- [Sumitomo Metal Mining](#), à partir du minerai livré par [Nickel Asia Corporation](#) exploite des raffineries de nickel et cobalt qui produisent du sulfate double de nickel et de cobalt renfermant 57 % de Ni et 4 % de Co à Coral Bay dans l'île de Palawan et Taganito, dans l'île de Mindanao, aux Philippines et produit à partir de ce sulfate double du cobalt et des sels de cobalt dans ses raffineries de Niihama et Harima au Japon.
- La production cubaine de Moa Bay (partagée moitié-moitié entre [Sherritt](#) et General Nickel Company, société de l'État cubain) est traitée dans la raffinerie de Fort Saskatchewan, dans l'Alberta, au Canada. En 2019, la production a été de 33 108 t de Ni et 3 376 t de Co.
- La raffinerie de Chambishi, en Zambie, est propriété à 90 % du groupe [Eurasian Resources Group](#) (ERG). Elle traite les concentrés congolais de la société Boss Mining et de diverses

mines zambiennes. La capacité de production est de 55 000 t/an de Cu et 6 800 t/an de Co. En 2019, sa production a été suspendue.

## **Situation française**

En 2019, en t de métal ou de cobalt contenu dans les sels.

### **Production :**

- En 2016, la production avait été de 119 t de cobalt contenu sous forme de chlorure à l'usine Eramet de Sandouville à partir de mattes calédoniennes (voir le chapitre [nickel](#)). Après l'arrêt, en août 2016, de la production de mattes à l'usine de Doniambo, en Nouvelle Calédonie, l'alimentation de l'usine de Sandouville est assurée à l'aide de mattes finlandaises provenant de l'usine de [Boliden](#) à Harjavalta. La production prévue, à partir de 25 000 t/an de mattes, est de 13 000 t/an de nickel de haute pureté (99,99 %), 2 300 t/an de nickel contenu dans des sels, 3 000 t/an de fer et 400 t/an de cobalt. En 2018, la production a été de 48 t de Co.
- La production par Vale, à Goro, en Nouvelle Calédonie a été, en 2019, de 1 703 t de cobalt contenu dans du carbonate de cobalt à côté de 23 400 t de nickel.
- En 2013, la production minière de Nouvelle Calédonie s'était élevée à 3 427 t de cobalt contenu et valorisé. 350 t avaient été envoyées dans des mattes de nickel à l'usine Eramet de Sandouville, 1 117 t produites sous forme de carbonate à l'usine de Goro de Vale et 1 960 t contenues dans des minerais expédiés pour traitement au Japon et en Australie.
- [Umicore](#), après l'achat de Eurotungstene, en 2017, produit du cobalt en poudre à Grenoble (38) avec 322 t vendues en 2013.

### **Commerce extérieur :** en t de produits.

#### Oxydes et hydroxydes :

- Exportations : 32 t à 56 % vers le Nigeria, 16 % l'Allemagne, 13 % l'Inde, 13 % l'Espagne.
- Importations : 636 t à 41 % du Royaume Uni, 40 % de Finlande, 12 % de Belgique.

#### Chlorure :

- Exportations : 1 144 t à 71 % vers la Belgique, 28 % le Brésil.
- Importations : 3 135 t à 71 % de Belgique, 28 % du Royaume Uni.

#### Mattes, poudre et autres produits intermédiaires :

- Exportations : 601 t à 36 % vers l'Allemagne, 21 % la Belgique, 7 % les États-Unis.
- Importations : 1 901 t à 21 % du Luxembourg, 19 % des États-Unis, 18 % du Royaume Uni, 10 % de Belgique.

## Utilisations

**Consommation** : dans le monde, en 2019, 123 000 t, à 80 % en Chine.

### Secteurs d'utilisation :

	Monde, en 2019	Chine, en 2015		Monde, en 2019	Chine, en 2015
Batteries	58 %	78,7 %	Pigments et caramiquess	5 %	3,6 %
Superalliages	15 %	3,8 %	Catalyseurs	5 %	3,2 %
Carbures cimentés	7 %	6,3 %	Aimants	2 %	3,6 %

Sources : Darton Commodities et Anteke

Aux États-Unis, en 2019, l'élaboration des superalliage représente 46 % de la consommation, celle des carbures cimentés, 9 %, celle de divers alliages métalliques, 14 %, celle de produits chimiques, 31 %.

Dans le monde, en 2015, 73 % de la consommation est sous forme de composés chimiques, 27 % sous forme de métal.

### Utilisations sous forme de composés chimiques dans les domaines suivants :

- Batteries,
- Catalyseurs,
- Pigments et céramiques,
- Pneus et siccatifs.

### Utilisations sous forme de métal dans les domaines suivants :

- Superalliages,
- Carbures cimentés,
- Aciers spéciaux,
- Aimants.

**Batteries** : ce secteur d'utilisation est devenu, ces dernières années, de plus en plus important. Il représentait seulement 10 % des utilisations du cobalt en 2001 et 38 % en 2012.

Le cobalt est employé dans les cathodes des batteries lithium-ion et Ni-hydrures métalliques ainsi que dans les batteries Ni-Cd.

Les batteries lithium-ion sont actuellement celles qui ont la plus grande capacité d'accumulation d'énergie par unité de masse. Elles sont en conséquence les mieux adaptées pour la mobilité électrique (appareillages portables et véhicules électriques). Le cobalt permet d'accroître leur densité énergétique, augmente leur stabilité et leur longévité.

Dans les batteries lithium-ion, sont employés : le cobaltate de lithium,  $\text{LiCoO}_2$ , dans les batteries LCO (Lithium-Cobalt-Oxyde), l'oxyde de lithium, nickel, manganèse, cobalt pour les batteries NMC, l'oxyde de lithium, nickel, cobalt, aluminium pour les batteries NCA, l'oxyde de manganèse-lithium pour les batteries LMO, le phosphate de fer-lithium pour les batteries LFP. Seules les

batteries LCO, NMC et NCA renferment du cobalt. Les batteries LMO et LFP n'en contiennent pas.

- Les batteries LCO, représentent, en 2016, 21 % de la demande en batteries lithium-ion. Elles présentent l'avantage de posséder la plus grande capacité d'énergie par unité de masse mais l'inconvénient de s'enflammer lorsque la température dépasse 150°C. Elles sont principalement réservées à une utilisation dans l'électronique portable. Dans les batteries LCO, le matériau de la cathode contient 60 % en masse de cobalt sous forme de cobaltate de lithium,  $\text{LiCoO}_2$ .
- Dans les batteries NMC, la teneur en cobalt de la cathode est comprise entre 6 et 21 %, en fonction de la composition de la cathode. Les plus riches en cobalt sont les batteries NMC 111, les plus pauvres les batteries NMC 811, les chiffres exprimant les rapports atomiques entre les éléments nickel, manganèse et cobalt. Elles représentent, en 2016, 26 % de la demande en batteries Li-ion. Elles sont particulièrement employées pour les véhicules électriques.
- Les batteries NCA représentent, en 2016, 9 % de la demande en batteries Li-ion. Des batteries de ce type, construites par [Panasonic](#) équipent les véhicules [Tesla](#).

En 2013, sur une consommation totale de 32 900 t de cobalt dans des batteries, les batteries lithium-ion LCO ont consommé 23 850 t, les batteries lithium-ion NMC, 5 700 t, les batteries Ni-hydrures métalliques, 2 200 t, les batteries Ni-Cd, 300 t.

#### Autres utilisations :

- [Superaliages](#) : ce sont des alliages réfractaires pour des turbines à gaz et des turboréacteurs pour l'aéronautique. Exemple de composition : Co : 30 %, [Cr](#) : 20 %, [Ni](#) : 20 %, [Fe](#) : 14 %, [Mo](#) : 10 %, [W](#) : 5 %. Voir ce chapitre.
- L'alliage Co-Cr (Co : 66 %, Cr : 29 %, Mo : 5 %) est utilisé pour réaliser des armatures de prothèses orthopédiques et dentaires.
- Entre dans la composition d'outils de coupe carburés : ce sont des alliages frittés de carbure de tungstène dans une matrice de Co, exemple : WC : 88 %, Co : 12 %. Voir le chapitre consacré au [tungstène](#).
- Comme catalyseur en chimie : dans le procédé Fischer-Tropsch de synthèse d'hydrocarbures liquides à partir de gaz de synthèse (mélange de monoxyde de carbone et de [dihydrogène](#)) obtenu à partir de [charbon](#) (CTL : Coal To Liquid) ou de [gaz naturel](#) par vaporeformage (GTL : Gaz To Liquid). Des catalyseurs contenant 3 à 5 % en masse de  $\text{Co}_3\text{O}_4$  avec 14 % de  $\text{MoO}_3$ , sur [alumine](#), sont employés en pétrochimie pour désulfurer le gaz naturel et le pétrole par hydrogénation. Environ 70 % de la consommation dans ce secteur, en présence de [manganèse](#) sur un promoteur à base de bromure de sodium, est destinée à la synthèse de l'acide téréphtalique pour, principalement, la fabrication de PET (polytéréphtalate d'éthylène).
- Le cobalt entre dans la composition des aimants permanents [AlNiCo](#), et [Sm-Co](#). La présence de cobalt (qui possède une température de Curie de

1121°C) permet de conserver des propriétés magnétiques à plus haute température que pour le fer seul (la température de Curie du fer est de 770°C). Ainsi un alliage 65 % atomique Fe - 35 % atomique Co a une température de Curie de 900-950°C. Les aimants AlNiCo renferment en % atomique, 62 % de Fe, 21 % de Ni, 12 % de Al et 5 % de Co. Les aimants samarium-cobalt ont la formule suivante :  $\text{Co}_5\text{Sm}$ . La consommation mondiale, dans ce secteur d'application, est à 70 % dans les alliages AlNiCo et 20 % dans les alliages Sm-Co.

- Dans des alliages à coefficient de dilatation thermique nul avec la composition suivante : Co : 54 %, Fe : 36 %, Cr : 9 %.
- Les alliages durs à base de cobalt sont massivement employés dans la robinetterie nucléaire et en particulier dans le circuit primaire des [réacteurs à eau sous pression](#).
- Sous forme d'oxyde  $\text{Co}_3\text{O}_4$  (verts et bleus de cobalt) dans des [verres](#), émaux et céramiques. Le bleu de cobalt, est obtenu avec un aluminat de cobalt  $\text{CoAl}_2\text{O}_4$ , de structure spinelle. L'oxyde de cobalt est également employé à très faible teneur afin de supprimer la couleur jaune du verre due à la présence de traces d'oxyde ferrique.
- L'isotope  $^{60}\text{Co}$  est utilisé en radiothérapie, stérilisation d'aliments et en radiographie industrielle. Sa demi-vie est de 5,26 années. Il émet des rayons gamma et est employé dans 70 % des traitements de cancers par radiothérapie.
- Des cibles de pulvérisation en cobalt sont employées pour déposer, sous vide, les couches magnétiques des disques durs.
- Entre, sous forme de carboxylate (appelé savon de cobalt), dans la fabrication des pneumatiques à carcasse radiale afin d'améliorer l'adhérence acier-[caoutchouc](#) et comme siccatif dans les peintures, vernis et encres. Les peintures glycérophtaliques contiennent, en moyenne, 0,06 % de Co.
- Sous forme de sulfate ou de carbonate, c'est un complément alimentaire pour le bétail afin de favoriser la synthèse de la vitamine B12. En effet, celle-ci appelée également cobalamine, contient en moyenne 4,5 % en masse de cobalt. Elle est synthétisée par fermentation bactérienne, en particulier dans la panse des ruminants.