

# Cobalt 2023

## 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 de 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 minerais 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 et en Chine de celle de minerais de fer.

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 2023, 79 % du cobalt extrait provient de mines de cuivre, 20 % de mines de nickel et moins de 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

### Production minière de cobalt

*En 2023, en tonnes de Co contenu, sur un total mondial de 238 300 t.*

R.D. du Congo	166 900	Philippines	3 800
Indonésie	21 600	Cuba	3 200
Australie	7 600	Nlle Calédonie	3 000
Russie	5 000	Papouasie Nlle Guinée	2 900
Madagascar	4 000	Turquie	2 800

*Sources : USGS et Cobalt Institute*

**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.

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

- [Glencore](#) contrôle à 95 % la mine de Mutanda avec des réserves prouvées et probables, fin 2023, de 97 millions de t de minerai renfermant 1,88 % de Cu et 0,69 % de Co et une production, en 2023, de 35 100 t de Cu et de 11 200 t de Co. La production avait été suspendue fin 2019 pour reprendre en 2021. Glencore contrôle également, à 75 %, la société Katanga Mining qui possède en particulier la mine souterraine de Kamoto, avec, fin 2023, 128 millions de t de réserves prouvées et probables de minerai contenant 3,69 % de Cu et 0,46 % de Co et une production, en 2023, de 206 400 t de Cu et 27 600 t de Co. Fin 2018, l'exportation de l'hydroxyde de cobalt produit par Katanga Mining a été suspendue temporairement à cause d'un teneur trop élevée en uranium et reprise depuis après la mise en place d'une unité d'extraction de l'uranium par résines échangeuses d'ions. En 2021, Glencore a assuré 23,5 % de la production congolaise.
- La société Tenke Fungurume Mining, détenue à 80 % par [CMOC](#) (ex 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 277,5 millions de t de minerai contenant 2,84 % de Cu et 0,30 % de Co. En 2022, la production a été de 254 286 t de Cu et 20 286 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. En 2021, Tenke Fungurume a assuré 15,7 % de la production congolaise.  
Le groupe CMOC a démarré l'exploitation de la mine de Kisanfu (KFM) début 2023 avec une production prévue de 90 000 t/an de Cu et 30 000 t/an de Co avec des réserves de 66,5 millions de t de minerai renfermant 2,91 % de Cu et 1,19 % de Co. En 2023, la production de cobalt est de 32 500 t.
- 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. L'exploitation de la mine de Kakanda qui avait été suspendue en février 2019 a repris en novembre 2022. ERG exploite également la mine Frontier avec 84 254 t de Cu, en 2019. 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. En 2021, la production a été de 94 807 t de Cu et 20 718 t de Co. En 2021, ERG a assuré 11 % de la production congolaise.
- 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.
- 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. En 2016, en métal contenu, la capacité de production était 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. En 2022, la production est de 3 502 t de Co, 2 906 t de Cu et 14 125 t de Zn.

- 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 6,1 millions de t de minerais renfermant 2,6 % de Cu et 0,2 % de Co ainsi que 6,8 millions de t de terrils renfermant 1,5 % de Cu et 0,2 % de Co. En 2023, la production a été de 31 787 t de Cu et de 2 207 t de cobalt contenu sous forme d'hydroxyde exporté en Chine.
- [Gécamines](#), groupe contrôlé 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, en 2021, à 12 % de la production congolaise totale soit 14 500 t de Co contenu.

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 2022-23, 752 t de cobalt et 80 000 t de Ni.
- [Minara Ressources](#), filiale du groupe [Glencore](#) exploite des minerais latéritiques de nickel, à Murrin Murrin, avec des réserves, fin 2023, de 159 millions de t de minerai contenant 0,97 % de Ni et 0,08 % de Co. L'exploitation est prévue durer 40 ans. En 2023, la production de Murrin Murrin a été de 36 400 t de nickel dont 31 100 t attribuées à Glencore et 2 400 t de cobalt dont 2 100 t attribuées à Glencore.

**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 2021, 2,917 millions de t de limonites renfermant 1,03 % de Ni livrées à l'usine hydrométallurgique de Coral Bay et Taganito, au nord de l'île de Mindanao, détenue à 65 %, qui a produit, en 2021, 3,999 millions de t de limonites renfermant 1,08 % de Ni livrées à l'usine hydrométallurgique de Taganito. Les réserves prouvées et probables de limonites sont de 167 millions de t de minerai renfermant 1,04 % 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 2020, 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 2020, de 29 400 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).

#### **Canada :**

- La mine à ciel ouvert de Voisey's Bay, au Labrador, exploitée par [Vale](#), a débuté sa production en novembre 2005. Elle est devenue souterraine en 2022. Ses réserves prouvées et probables sont de 31,1 millions de t de minerai à 1,80 % de Ni, 0,82 % de Cu, 0,11 % 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 2023, la production a été de 13 500 t de Ni, 9 600 t de Cu, 637 t de Co. Par ailleurs, Vale exploite des mines souterraines à Sudbury, en Ontario, possédant des réserves de 75,1 millions de t de minerai renfermant 1,42 % de Ni, 1,37 % de Cu, 0,04 % de Co, 0,84 g/t de Pt, 1,01 g/t de Pd, 0,32 g/t de Au. La production de Sudbury a été, en 2023, de 57 900 t de Cu, 38 200 t de Ni, 365 t de Co, 3,9 t de Pt, 4,6 t de Pd, 1,4 t de Au. La mine souterraine de Thomson, dans le Manitoba, a produit, en 2023, 7 900 t de Ni, 4 700 t de Cu et 94 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 prouvées et probables, fin 2023, des mines de Sudbury et Raglan sont de 31,9 millions de t contenant 2,12 % de Ni, 0,81 % de Cu, 0,05 % de Co, 0,56 g/t de Pt, 1,11 g/t de Pd. En 2023, les mines canadiennes de Glencore ont donné 39 300 t de nickel, 13 700 t de cuivre, 400 t de cobalt, 6,936 t d'argent, 0,342 t d'or, 2,022 t de palladium, 0,746 t de platine, 93 kg de rhodium.

**Cuba** : le gisement de Moa Bay, situé dans la province de Holguin, est exploité par Moa Joint Venture, détenue moitié-moitié par [Sherrit](#) 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 2023, la production a été de 28 672 t de Ni et 2 876 t de Co. Les réserves prouvées et probables sont de 114,1 millions de t renfermant 1,01 % de Ni, 0,12 % de Co.

**Papouasie Nouvelle Guinée** : la société [Ramu Nickel](#), détenue à 85 % par des intérêts chinois ([Metallurgical Corporation of China](#) (MCC), 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 [Nickel28](#), 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 2023, la production a été de 33 604 t de Ni et 3 072 t de Co. Les réserves prouvées et probables sont, fin 2019, de 54 millions de t de minerai renfermant 0,88 % de Ni et 0,09 % de Co.

**Madagascar** : l'exploitation d'[Ambatovy](#), détenue par [Sumitomo Corporation](#) à 54 % et par Komir à 46 % est entrée en production en 2012. En 2020, la part de 12 % initialement détenue par Sherritt a été vendue à ses deux partenaires. 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 2022, la production avait été de 35 737 t de Ni, 3 428 t de Co et 117 077 t de sulfate d'ammonium. Les réserves prouvées et probables sont de 152,1 millions de t renfermant 0,93 % de Ni et 0,08 % de Co. La production a été arrêtée de mars 2020 à mars 2021 suite à la propagation de la COVID-19.

**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 2,139 millions de t de minerai renfermant 0,55 % de Co. En 2023, la production est de 1 506 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](#) détenait 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 2020, la production a été de 31 000 t de Ni et 2 198 t de Co. En avril 2021, l'usine a été vendue à la société [Prony Resources](#) et la production s'est limitée à la production d'hydroxyde de nickel renfermant le cobalt initialement présent dans le minerai, ce dernier n'étant plus récupéré sur place. En 2023, la production est de 31 741 t d'hydroxyde mixte de nickel et cobalt renfermant 37 % de Ni et de 2 à 3 % 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 2023, 27 200 t de nickel dans du ferronickel. Les réserves de minerai prouvées et probables, fin 2022, sont de 35,5 millions de t contenant 2,20 % de Ni. Le cobalt contenu dans le minerai n'est pas récupéré.

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 2021, 54 353 t de Zn, 28 582 t de Ni, du cuivre et du cobalt,
- Kevitsa exploitée par [Boliden](#) qui a produit, en 2023, 20 000 t de Cu, 10 000 t de Ni, 513 t de Co, 396 kg d'or, 933 kg de Pt et 762 kg de Pd, avec des réserves prouvées et probables de 82,1 millions de t de minerai renfermant 0,31 % de Cu, 0,20 % de Ni, 0,009 % de Co, 0,09 g/t de Au, 0,19 g/t de Pt et 0,12 g/t de Pd.

En Indonésie, la production, en 2021, de 2 100 t de Co, devrait exploser ces prochaines années. En effet, de nombreux projets pilotés par des groupes chinois sont en cours de développement. Le pays possède des réserves importantes de minerais latéritiques de nickel renfermant également du cobalt qui à l'aide du procédé hydrométallurgie HPAL peuvent donner des hydroxydes mixtes de nickel et cobalt adaptés à une production de produits destinés aux batteries pour véhicules électriques. En 2021, deux nouveaux projets ont démarré et deux autres devraient suivre en 2022 et 2023 :

- PT Huayue, joint-venture entre [Zhejiang Huayou Cobalt](#), [Tsingshan](#) et [CMOC](#), dans l'île de Sulawesi avec une capacité de production prévue de 60 000 t/an de Ni et 7 800 t/an de Co. En 2022, la production a été de 2 400 t de Co.
- [PT Halmahera Persada Lygend](#), joint-venture entre [Ningbo Lygend](#) et le groupe indonésien [Harita Group](#), dans l'île d'Obi avec une capacité de production prévue de 120 000 t/an de Ni et 15 000 t/an de Co. En 2022, la production a été de 2 800 t de Co.

### Commerce international de minerais et concentrés

En 2023, en t de produits.

**Principaux pays exportateurs** : sur un total de 5 403 t.

en t de minerais et concentrés			
R.D. du Congo, en 2022	8 072	Taipei chinois	1 432
Italie	1 961	Zambie	312
Malaisie	1 438	Belgique	122

Source : ITC

Les exportations congolaises sont destinées à 99 % à la Chine.

**Principaux pays importateurs** : sur un total de 23 698 t.

en t de minerais et concentrés			
Chine	16 861	Maroc	1 455
Taipei chinois	2 138	Malaisie	592
Finlande	1 783	Vietnam	361

Source : ITC

Les importations chinoises proviennent quasi totalement de la R.D. du Congo.

### Réserves

En 2023. Monde : 11 millions de t de Co contenu.

en milliers de t de Co contenu			
R.D. du Congo	6 000	Russie	250

Australie	1 700	Canada	230
Indonésie	500	Chine	140
Cuba	500	Madagascar	100
Philippines	260	Turquie	91

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 était employé 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  $820^{\circ}\text{C}$  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  $150^{\circ}\text{C}$ , 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 2023. Monde : 178 700 t, Union européenne (Finlande, Belgique, France), en 2019 : 14 116 t.

Répartition, en %

Chine	78,5 %	Norvège	1,7 %
Finlande	8,8 %	Australie	1,7 %
Canada	3,1 %	Madagascar	1,7 %
Japon	1,9 %	Maroc	1,0 %

Sources : *Cobalt Institute et Benchmark Mineral Intelligence*

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 2023.**

Principaux pays exportateurs sur un total de 67 718 t :

en t de produits

R.D. du Congo, en 2021	308 204	Chine	4 883
------------------------	---------	-------	-------

Malaisie	9 448	Philippines	4 103
Russie	8 321	États-Unis	3 592
Belgique	7 309	Japon	3 549
Canada	7 191	Madagascar	3 461

Source : ITC

Les exportations congolaises sont destinées à 99 % à la Chine.

Principaux pays importateurs, sur un total de 467 978 t de produits :

en t de produits			
Chine	400 197	Malaisie	7 230
Corée du Sud	12 125	Japon	6 549
Belgique	9 387	Taipei chinois	3 929
États-Unis	7 975	Royaume Uni	3 635

Source : ITC

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

**Recyclage et stocks stratégiques** : le recyclage du cobalt représente, en 2023, 11 500 t soit 6 % de la demande. En 2020, il provient à 65 % du recyclage de batteries, 21 % par celui de carbures cémentés, 9 % par celui de superalliages et aimants, 4 % par celui de catalyseurs. Aux États-Unis, en 2022, le recyclage a représenté 24 % 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 2020.

en tonnes			
<a href="#">Glencore</a> (Norvège, R.D. du Congo, Australie)	31 300	<a href="#">Sumitomo Metal Mining Co.</a> (Japon)	3 669
<a href="#">CMOC</a> (Chine, Finlande)	15 436	<a href="#">Sherritt</a> (Canada)	1 763
<a href="#">Umicore</a> (Belgique, Chine, Finlande)	6 360	<a href="#">Norilsk</a> (Russie)	1 800
<a href="#">Jinchuan</a> (Chine)	6 000	<a href="#">CTT</a> (Maroc)	1 796
<a href="#">Vale</a> (Canada)	4 672	<a href="#">Eurasian Resources Group</a> (Zambie)	1 613

Sources : Cobalt Institute et rapports des sociétés

En 2023, CMOC, avec le démarrage de l'exploitation de la mine de Kisanfu, en RDC, est devenu premier producteur mondial avec 24 % du marché devant Glencore avec 18 %.

- [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.
- [CMOC](#) (ex 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 2023, [Vale](#) a produit au Canada 1 232 t à Port Colborne, dans l’Ontario et 673 t à Long Harbour, à Terre Neuve.
- [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 [Sherrit](#) et General Nickel Company, société de l’État cubain) est traitée dans la raffinerie de Fort Saskatchewan, dans l’Alberta, au Canada. En 2023, la production a été de 28 672 t de Ni et 2 876 t de Co.
- La raffinerie de Chambishi, en Zambie, est propriété à 90 % du groupe [Eurasian Resources Group](#) (ERG). Elle traitait 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 2022, 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. L’usine date de 1978, son effectif est de 180 personnes. En novembre 2021, Eramet a annoncé la vente à [Sibanye Stillwater](#) de cette usine qui est devenue effective le 4 février 2022. En 2022, sur 11 mois, la production a été de 4 839 t de nickel métal, 2 003 de Ni contenu dans des sels, 153 t de Co contenu dans du chlorure et 1 399 t de chlorure ferrique.
- Hydroxyde de nickel et de cobalt : 26 217 t, en 2022, par Prony Resources, à Goro, en Nouvelle Calédonie.
- [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 2023, en t de produits.

Oxydes et hydroxydes :

- Exportations : 66 t à 64 % vers le Japon, 15 % la Turquie, 4 % l’Allemagne, 3 % vers l’Inde.

- Importations : 446 t à 43 % de Chine, 20 % de Finlande, 17 % du Royaume Uni, 15 % de Belgique.

Chlorure :

- Exportations : 1 099 t à 92 % vers la Belgique, 3 % l'Algérie.
- Importations : 1 628 t à 79 % de Belgique, 21 % du Royaume Uni.

Mattes, poudre et autres produits intermédiaires :

- Exportations : 820 t à 29 % vers l'Allemagne, 23 % le Royaume Uni, 20 % vers le Canada, 6 % l'Italie.
- Importations : 1 416 t à 48 % des États-Unis, 13 % de Belgique, 9 % du Canada, 7 % du Royaume Uni.

## Utilisations

**Consommation** : dans le monde, en 2022, 187 000 t.

### Secteurs d'utilisation du cobalt

*En 2022, dans le monde.*

Véhicules électriques	40 %	Carbures cémentés	5 %
Portables	30 %	Catalyseurs	3 %
Superalliages	9 %	Céramiques et pigments	3 %

Source : *Cobalt Institute*

Aux États-Unis, en 2023, l'élaboration des superalliage représente 50 % de la consommation, celle des carbures cémentés, 10 %, celle de divers alliages métalliques, 15 %, celle de produits chimiques, 25 %.

### Formes de commercialisation du cobalt métal et de ses composés chimiques :

- Pour le métal avec, en 2023, 28 % de la production mondiale :
  - cathodes,
  - poudres grossières et fines,
  - briquettes,
  - barres rondes.
- Pour les composés chimiques avec, en 2023, 72 % de la production mondiale :
  - tétr oxyde ( $\text{Co}_3\text{O}_4$ ),
  - sulfate,
  - chlorure,
  - monoxyde ( $\text{CoO}$ ),
  - carbonate,
  - hydroxyde,
  - oxalate.

En Chine, la production de tétr oxyde et sulfate domine, en Finlande, celle de poudre grossière et de tétr oxyde, au Japon celle de cathodes.

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

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

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

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

**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 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 %. 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 sont particulièrement employées pour les véhicules électriques. Les batteries NMC 811 représentent, en 2021, 18 % de part de marché, les batteries NMC 622, 24 %.
- Les batteries NCA construites par [Panasonic](#) équipent les véhicules [Tesla](#).

En 2021, les consommations de cobalt pour élaborer des batteries ont été de 59 000 t pour les véhicules électriques, 26 000 t pour les téléphones mobiles, 16 000 t pour les ordinateurs portables et les tablettes, 9 000 t pour les drones, 2 200 t pour le stockage d'énergie.

**Autres utilisations :**

- [Superalliages](#) : 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  $1121^\circ\text{C}$ ) permet de conserver des propriétés magnétiques à plus haute température que pour le fer seul (la température de Curie du fer est de  $770^\circ\text{C}$ ). Ainsi un alliage 65 % atomique Fe – 35 % atomique Co a une température de Curie de  $900\text{-}950^\circ\text{C}$ . 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.