

COBALT 2011

MATIERES PREMIERES :

La teneur de l'écorce terrestre est d'environ 10 ppm de cobalt.

Minerais : ils sont très nombreux sous forme d'oxydes, carbonates, sulfures, arséniures (smaltite : CoAs_2), thioarséniures (cobaltite : 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](#).

Le cobalt est co-produit de l'extraction de nickel en Russie, Canada, Australie, Nouvelle Calédonie, Cuba, pour 57 % de la production mondiale et de l'extraction de cuivre en République Démocratique du Congo et en Zambie. Celle-ci, avec celle d'autres métaux, hors nickel, compte pour 37 % de la production mondiale. En Afrique du Sud, le cobalt est co-produit de l'exploitation de métaux précieux. La seule mine exploitant exclusivement un minerai de cobalt, de la smaltite (CoAs_2), est celle de Bou Azzer au Maroc.

Productions minières : en 2011, en t de Co contenu. Monde : 98 000.

R.D. du Congo	52 000	Australie	4 000
Canada	7 200	Cuba	3 600
Chine	6 500	Maroc	2 500
Russie	6 300	NouvelleCalédonie	2 000
Zambie	5 700	Brésil	1 700

Source : USGS

La production de la République Démocratique du Congo provient de la province du Katanga où outre des mines, les tailings (rejets miniers) des anciennes exploitations renferment des quantités importantes de cobalt. Par exemple le Groupement pour le Traitement du Terril de Lubumbashi (GTL) joint venture entre [OM Group](#) (55 %), [Groupe George Forrest](#) (25 %) et [Gécamines](#) (20 %) 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 renfermant 2,1 % de cobalt.

La Compagnie Minière du Sud Katanga, détenue à 60 % par le groupe Forrest et 40 % par Gécamines qui exploite le gisement de Luiswishi possède une capacité de production de 12 000 t/an de Cu et 4 500 t/an de Co.

La société Tenke Fungurume Mining, détenue à 56 % par [Freeport McMoRan Copper & Gold](#), 24 % [Lundin Mining](#) et 20 % Gécamines exploite à ciel ouvert une mine renfermant 119 millions de t de minerai contenant 2,6 % de Cu et 0,4 % de Co. En 2011, la production a été de 120 000 t de Cu et 11 300 t de Co.

Le groupe kazakh [Eurasian Natural Resources](#) (ENRC) possède 70 % de la société Boss Mining, à côté de Gécamines (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 2011, la production a été de 29 600 t de Cu et 22 420 t de Co. En 2012, ENRC a pris le contrôle du projet 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 millions de t de Cu et 360 000 t de Co, avec une production annuelle de 32 000 t de Cu et 5 900 t de Co.

[Glencore](#) contrôle 60 % de la mine de Mutanda qui a produit, en 2011, 63 700 t de Cu et 7 900 t de

Co, avec des réserves de 41,4 millions de t de minerai renfermant 3,00 % de Cu et 0,82 % de Co. Glencore contrôle également 75 % de la société [Katanga Mining](#) qui possède dans la mine souterraine de Kamoto, 13 millions de t de réserves de minerai contenant 3,43 % de Cu et 0,51 % de Co et a produit, en 2011, 91 149 t de Cu et 2 433 t de Co raffiné.

Le groupe chinois [Jinchuan](#) a pris le contrôle de la société Metorex qui exploitait (avec 75 % des parts de la société, 25 % pour Gécamines) la mine de Ruashi avec des réserves de 523 000 t de Cu et 88 000 t de Co. La production de 2010 est de 29 790 t de Cu et 3 580 t de Co.

La production congolaise est exportée soit sous forme de concentrés miniers, soit après un premier traitement pyrométallurgique qui donne de l'alliage blanc (voir plus loin la partie métallurgie), soit encore sous forme d'hydroxyde ou de carbonate de cobalt.

Au Canada, la mine à ciel ouvert de Voisey's Bay, au Labrador, exploitée par [Vale Inco](#), a débuté sa production en novembre 2005. Ses réserves sont de 18 millions de t de minerai à 2,80 % de Ni, 1,56 % de Cu, 0,14 % 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 dans un premier temps expédiés dans les raffineries de Sudbury, dans l'Ontario et Thompson, dans le Manitoba, en attendant que la raffinerie de Long Harbour, à Terre Neuve soit, en 2013, opérationnelle. Par ailleurs, Vale Inco exploite des mines à Sudbury possédant des réserves de 58,8 millions de t de minerai renfermant 1,20 % de Ni, 1,50 % de Cu, 0,04 % de Co. La production de cobalt provenant de Voisey's Bay a été, en 2011, de 1 585 t, celle provenant de Sudbury, de 593 t.

[Xstrata](#), exploite 2 mines souterraines à Sudbury (Fraser et Nickel Rim South) qui ont produit sous forme de concentrés miniers, en 2011, 22 716 t de Ni, 49 887 t de Cu et 473 t de Co et 4 mines souterraines à Raglan, dans la province de Québec, qui ont produit sous forme de concentrés miniers, en 2011, 27 274 t de Ni, 7 215 t de Cu et 561 t de Co. Les concentrés miniers sont expédiés à la fonderie Xstrata de Sudbury pour former des mattes qui sont traitées dans l'affinerie de Kristiansand, en Norvège, cette dernière produisant les métaux purs. Les réserves des mines de Sudbury sont de 8,66 millions de t contenant 1,39 % de Ni, 2,37 % de Cu, 0,03 % de Co, celles des mines de Raglan sont de 4,13 millions de t renfermant 2,22 % de Ni, 0,65 % de Cu, 0,05 % de Co.

L'essentiel de la production zambienne provient de la mine de Nchanga exploitée par la société [Konkola Copper Mines](#) filiale du groupe indien [Vedanta Resources](#). Les réserves de la mine à ciel ouvert sont de 8,9 millions de t de minerai contenant 1,27 % de Cu et 0,21 % de Co.

La production australienne, en Australie de l'Ouest, est liée à celle de nickel, dans des minerais sulfurés exploités par Nickel West, filiale de [BHP-Billiton](#) ou dans des minerais latéritiques, à Murrin Murrin, exploités par [Minara Ressources](#), filiale du groupe [Glencore](#). Les réserves de Murrin Murrin sont de 145 millions de t de minerai contenant 1,07 % de Ni et 0,085 % de Co. L'exploitation est prévue durer 40 ans. Les capacités de production de Murrin Murrin sont de 40 000 t de Ni et 3 000 t de Co.

Le groupe [Eramet](#) exploite, en Nouvelle Calédonie, des mines de nickel renfermant du cobalt (voir le chapitre [Nickel](#)). Le minerai est traité sur place pour donner du ferronickel et des mattes de nickel, ces dernières étant traitées, en métropole, à Sandouville (76) pour donner les métaux purs nickel et cobalt. Par ailleurs, le groupe Eramet a pris, en 2006, le contrôle de la société Weda Bay Minerals qui prévoit, pour 2013, l'exploitation du gisement d'Hamahera, en Indonésie, qui renferme 155 millions de t de minerai latéritique contenant 1,45 % de Ni et 0,09 % de Co.

En Nouvelle Calédonie, [Vale Inco](#) exploite la mine de Goro, renfermant un gisement de 100,4 millions de t de minerai latéritique contenant 1,34 % de Ni et 0,12 % de Co. L'usine

hydrométallurgique de production du nickel et du cobalt est en cours de démarrage en 2012 avec une production annuelle prévue de 60 000 t de Ni et 4 600 t de Co.

[Xstrata](#) 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 construit l'Usine du Nord près de Koné qui devrait débiter sa production fin 2012 pour une pleine capacité en 2014. L'usine pyrométallurgique devrait produire 60 000 t/an de nickel sous forme de ferronickel. Les réserves de minerai sont de 62,5 millions de t contenant 2,46 % de Ni.

Réserves : en 2011, en milliers de t de Co contenu. Monde : 7 500.

R.D. du Congo	3 400	Russie	250
Australie	1 400	Canada	130
Cuba	500	Brésil	87
Nouvelle Calédonie	370	Chine	80
Zambie	270	Etats-Unis	33

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.

METALLURGIE :

Les minerais 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](#)). 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 [H2SO4](#). 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'est le cas 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, Alberta, Canada, le minerai cubain de Moa Bay. Il est employé, par exemple à Murrin Murrin, en Australie et à Goro, en Nouvelle Calédonie par le groupe Vale Inco et selon son propre procédé envisagé à Hamahera, en Indonésie, par le groupe Eramet. Les minerais sont traités par lixiviation acide, sous pression (procédé PAL : "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, Co^{2+} et 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, Co^{2+} et Ni^{2+} et Zn^{2+} sont extraits par solvant organique puis élués à l'aide d'[acide chlorhydrique](#). Leur concentration est ainsi augmentée d'un facteur 20. Zn^{2+} est ensuite éliminé à son tour sur résine échangeuse d'ions puis les ions Co^{2+} et 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 Inco, 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'oxy-hydroxyde de fer, Cu^{2+} , Co^{2+} et Ni^{2+} sont extraits par des solvants spécifiques.

PRODUCTIONS : en 2011, en t de cobalt raffiné : monde : 82 200, Union européenne (Finlande, Belgique, France), en 2010 : 12 310.

Chine	35 000	Norvège	3 100
Finlande	10 400	R. D. du Congo	3 000
Zambie	6 000	Russie	2 400
Canada	5 900	Japon	2 000
Australie	4 700	Maroc	1 800
Belgique	3 200	Brésil	1 600

Source : Cobalt Development Institute

- La production de cobalt raffiné de la République Démocratique du Congo est faible, en regard de la production minière, la production minière ou l'alliage blanc produit localement étant exportée principalement vers la Chine.

- Les minerais cubains sont traités au Canada et en Chine.

- Le groupe Xstrata affine l'ensemble de ses mattes contenant du cobalt dans son usine norvégienne de Kristiansand.

Recyclage et stocks stratégiques :

- Le recyclage du cobalt est, en 2011, de 2 200 t aux Etats-Unis, soit 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 Etats-Unis ne détient plus que environ 1 030 tonnes provenant des réserves russes. Les États-Unis n'ont pas vendu de cobalt issu du stocks stratégiques en 2010 alors que ce montant atteignait 2 380 t en 2003.

Producteurs mondiaux : en 2011, en t.

OM Group (Etats-Unis)	10 441	Katanga Mining (RD Congo)	2 433
---------------------------------------	--------	---	-------

Chambishi (Zambie)	4 856	Norilsk (Russie)	2 337
Sherritt (Canada)	3 853	Minara Resources (Australie)	2 091
Umicore (Belgique)	3 187	Vale Inco (Canada)	2 070
Xstrata (Canada)	3 067	Sumitomo (Japon)	2 007
Queensland Nickel (Australie)	2 631	CTT (Maroc)	1 788

Source : Cobalt Development Institute

- Une grande partie de la production de cobalt du producteur russe Norilsk Nickel est commercialisée par le groupe américain OM Group.
- La raffinerie de Chambishi, en Zambie, est propriété à 90 % du groupe kazakh [Eurasian Natural Resources](#) (ENRC).
- 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, Alberta, Canada.
- Umicore produit du cobalt en Chine et en Afrique du Sud.
- Xstrata, après sa prise de contrôle de Falconbridge, en 2006, exploite des gisements de nickel-cobalt à Sudbury, Alberta, Montcalm et Raglan, province du Québec au Canada et produit des cathodes de cobalt à Kristiansand, en Norvège. En projet, l'exploitation, en commun avec la Société Minière du Sud Pacifique (SMSP), du gisement de Koniambo, en Nouvelle Calédonie.
- La société Katanga Mining est contrôlée à 75 % par [Glencore](#) et 25 % par Gécamines.
- Norilsk a acquis les installations de production de nickel-cobalt de OM Group en assurant l'approvisionnement de cette dernière en cobalt.
- CVRD (Vale) a acquis, en 2006, la société Inco pour donner Vale Inco, qui regroupe les activités de Vale dans le nickel et le cobalt.

SITUATION FRANCAISE : en 2011, en t de métal ou de cobalt contenu dans les sels.

- Production de sel de cobalt : 354 t, sous forme de chlorure par Eramet à Sandouville (76), co-produit du raffinage des mattes de nickel calédoniennes, voir le chapitre consacré au [nickel](#).
- Eurotungstène (société du groupe Eramet) produit du cobalt en poudre à Grenoble (38) avec 322 t vendues.
- Importations : 2 339 t, à 27 % des Etats-Unis, 24 % de Russie, 13 % du Royaume Uni, 12 % d'Allemagne.
- Exportations : 1 081 t, pour 25 % vers les Etats-Unis, 21 % l'Allemagne, 12 % le Royaume Uni.

UTILISATIONS :

Consommation, en 2006, en tonne de cobalt raffiné : monde (2011) : 75 000, Union Européenne : 10 425

Japon	14 319	France (2011)	1 612
-------	--------	---------------	-------

Chine	10 800	Royaume-Uni	1 303
Etats-Unis (2011)	8 700	Italie	1 145
Corée du sud	3 512	Espagne	1 029
Allemagne	2 238	Inde	900

Secteurs d'utilisation : en 2011, dans le monde.

Batteries	30 %	Pigments	9 %
Superalliages	19 %	Aimants	7 %
Carbures cémentés	13 %	Pneus, colles et savons	5 %
Catalyseurs	9 %	Traitements de surfaces	5 %

Source : Cobalt Development Institute

En Chine, en 2011, la fabrication de batteries représente 63 % de la consommation, de carbures 17 %, d'aimants 6 %, d'émaux et céramiques 6 %.

Aux Etats-Unis, en 2011, l'élaboration des superalliages représente 47 % de la consommation. Dans l'Union européenne, la fabrication de superalliages et d'aimants compte pour 44 %, les carbures cémentés pour 31 %, les pigments pour 17 %, la catalyse pour 5 %.

Dans le monde, en 2011, 54 % de la consommation est sous forme de composés chimiques, 46 % sous forme de métal.

Utilisations diverses :

- Batteries : le cobalt est employé dans les cathodes des batteries Ni-Cd, ainsi que dans les batteries Ni-hydrures métalliques et lithium-ions. Dans ces dernières, le matériau de la cathode contient 50 % en masse de cobalt sous forme de LiCoO_2 .

- [Superalliages](#) : alliages réfractaires pour turbines à gaz et turboréacteurs dans l'aéronautique. Exemple de composition : Co: 30 %, [Cr](#): 20 %, [Ni](#): 20 %, [Fe](#): 14 %, Mo: 10 %, [W](#): 5 %. Voir le chapitre consacré au [nickel](#).

- Alliage Co-Cr (Co : 66 %, Cr : 29 %, Mo : 5 %) utilisé pour réaliser des armatures de prothèses orthopédiques et dentaires.

- Outils de coupe carburés : alliages frittés de carbure de tungstène dans une matrice de Co, exemple : [WC](#) : 88 %, Co : 12 %. Voir le chapitre consacré au [tungstène](#).

- Aimants permanents ([AlNiCo](#), [Sm-Co](#)), concurrencés par les aimants Fer-[Néodyme-Bore](#) ($\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$). La présence de Co (température de Curie de 1121°C) permet de conserver les propriétés magnétique du fer à plus haute température (température de Curie du fer : 770°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 : Co_5Sm . La consommation mondiale, dans ce secteur d'application, est de 4 000 t de Co/an dont 70 % pour les AlNiCo et 20 % pour les Sm-Co.

- Alliages à coefficient de dilatation thermique nul : 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](#).

- Catalyseur en chimie : dans le procédé Fischer-Tropsch... Des catalyseurs contenant 3 à 5 % en masse de Co_3O_4 avec 14 % de MoO_3 , sur alumine, sont employés en pétrochimie pour désulfurer le gaz naturel et le pétrole.
- Oxyde Co_3O_4 (verts et bleus de Co) pour [verres](#) et céramiques.
- ^{60}Co utilisé en radiothérapie et en radiographie industrielle.
- Poudre de Co dans l'industrie de la vidéo et de la reproduction sonore.
- Entre dans la fabrication des pneumatiques à carcasse radiale afin d'améliorer l'adhérence acier-[caoutchouc](#).
- Siccatif, sous forme de sel, dans les [peintures](#) et vernis.