

## COBALT 2015

### MATIERES PREMIERES :

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 transformations métallurgiques de ces métaux.

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 ( $\text{CoAs}_2$ ), est celle de Bou Azzer au Maroc.

En 2014, 50 % du cobalt extrait provient de mines de nickel, 44 % de mines de cuivre et 6 % de la mine de cobalt de Bou Azzer.

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

**Productions minières** : en 2015, en t de Co contenu. Monde : 124 000 t.

R.D. du Congo	63 000	Philippines	4 600
Chine	7 200	Cuba	4 200
Canada	6 300	Madagascar	3 600
Russie	6 300	Nouvelle Calédonie	3 300
Australie	6 000	Afrique du Sud	2 800
Zambie	5 500	Brésil	2 600

Source : USGS

### **Principales exploitations minières :**

République Démocratique du Congo : la production provient de la province du 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.

En 2013, les exportations totales ont porté sur 58 843 t de cobalt contenu dont 2 828 t sous forme de métal obtenu par électrolyse.

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

[Glencore](#) contrôle 69 % de la mine de Mutanda qui a produit, en 2015, 216 100 t de Cu et 16 500 t de Co, avec des réserves prouvées et probables de 136 millions de t de minerai renfermant 2,09 % de Cu et 0,79 % de Co ainsi que 28,8 millions de t de terrils renfermant 1,68 % de Cu et 0,92 % de

Co. Glencore contrôle également 75,2 % de la société [Katanga Mining](#) qui possède 75 % de la mine souterraine de Kamoto, avec 99 millions de t de réserves prouvées et probables de minerai contenant 3,91 % de Cu et 0,48 % de Co et a produit, en 2015, 113 700 t de Cu et 2 900 t de Co raffiné. En 2016, l'exploitation de la mine de Kamoto a été suspendue.

La société [Tenke Fungurume Mining](#), détenue à 56 % par [Freeport McMoRan](#), 24 % [Lundin Mining](#) et 20 % [Gécamines](#) exploite, à ciel ouvert, une mine possédant des réserves prouvées et probables de 144,4 millions de t de minerai contenant 2,6 % de Cu et 0,4 % de Co. En 2015, la production a été de 203 800 t de Cu et 15 900 t de Co. Le minerai, traité par hydrométallurgie, donne après lixiviation, extraction par solvant et électrolyse des cathodes de cuivre et de l'hydroxyde de cobalt.

Le groupe [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 2013, la production a été de 9 100 t de cobalt contenu, envoyé d'une part à la raffinerie de Chambishi, en Zambie et d'autre part exporté en Chine. ERG développe 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 70 000 t de Cu et 14 000 t de Co.

Le Groupement pour le Traitement du Terril de Lubumbashi (GTL) joint venture entre le [Groupe Forrest International](#), Belgique (70 %) et le groupe public [Gécamines](#) (30 %) 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, 11 % de Cu, qui est raffiné, en Finlande à Kokkola. La production, en 2013, en métal contenu, est de 3 100 t de cobalt, avec une capacité de production de 3 500 t/an de cuivre et 22 000 t/an d'oxyde de zinc.

[Gécamines](#), groupe contrôlée par l'état congolais détient des participations dans de nombreuses sociétés minières et exploite, en propre, diverses mines avec, en particulier, la Compagnie Minière du Sud Katanga, qui exploite le gisement de Luiswishi avec une capacité de production de 12 000 t/an de Cu et 4 000 t/an de Co. En 2013, la production a été de 1 800 t.

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 est de 38 000 t/an de cuivre et de 4 400 t/an de cobalt contenu, sous forme d'hydroxyde exporté en Chine.

De nombreuses exploitations artisanales, contrôlées principalement par des intérêts chinois, sont en activité, avec, en 2012, une production estimée à 7 760 t de Co.

#### Canada :

La mine à ciel ouvert de Voisey's Bay, au Labrador, exploitée par [Vale](#), a débuté sa production en novembre 2005. Ses réserves prouvées et probables sont de 36,1 millions de t de minerai à 2,24 % de Ni, 1,05 % 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 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 opérationnelle. Par ailleurs, Vale exploite des mines

à Sudbury possédant des réserves de 76,4 millions de t de minerai renfermant 1,27 % de Ni, 1,61 % de Cu, 0,04 % de Co. La production de cobalt provenant de Voisey's Bay a été, en 2015, de 849 t, celle de Sudbury, de 751 t et celle de Thomson de 365 t.

[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 sont de 11 millions de t contenant 1,42 % de Ni, 1,61 % de Cu, 0,03 % de Co, celles des mines de Raglan sont de 10,43 millions de t renfermant 3,04 % de Ni, 0,76 % de Cu, 0,06 % de Co. En 2015, les mines canadiennes de Glencore ont donné 49 100 t de nickel, 46 000 t de cuivre et 800 t de cobalt contenu.

#### Australie :

Nickel West, filiale de [BHP-Billiton](#) exploite, en Australie de l'Ouest, des minerais sulfurés de nickel à Mt Keith et Leinster.

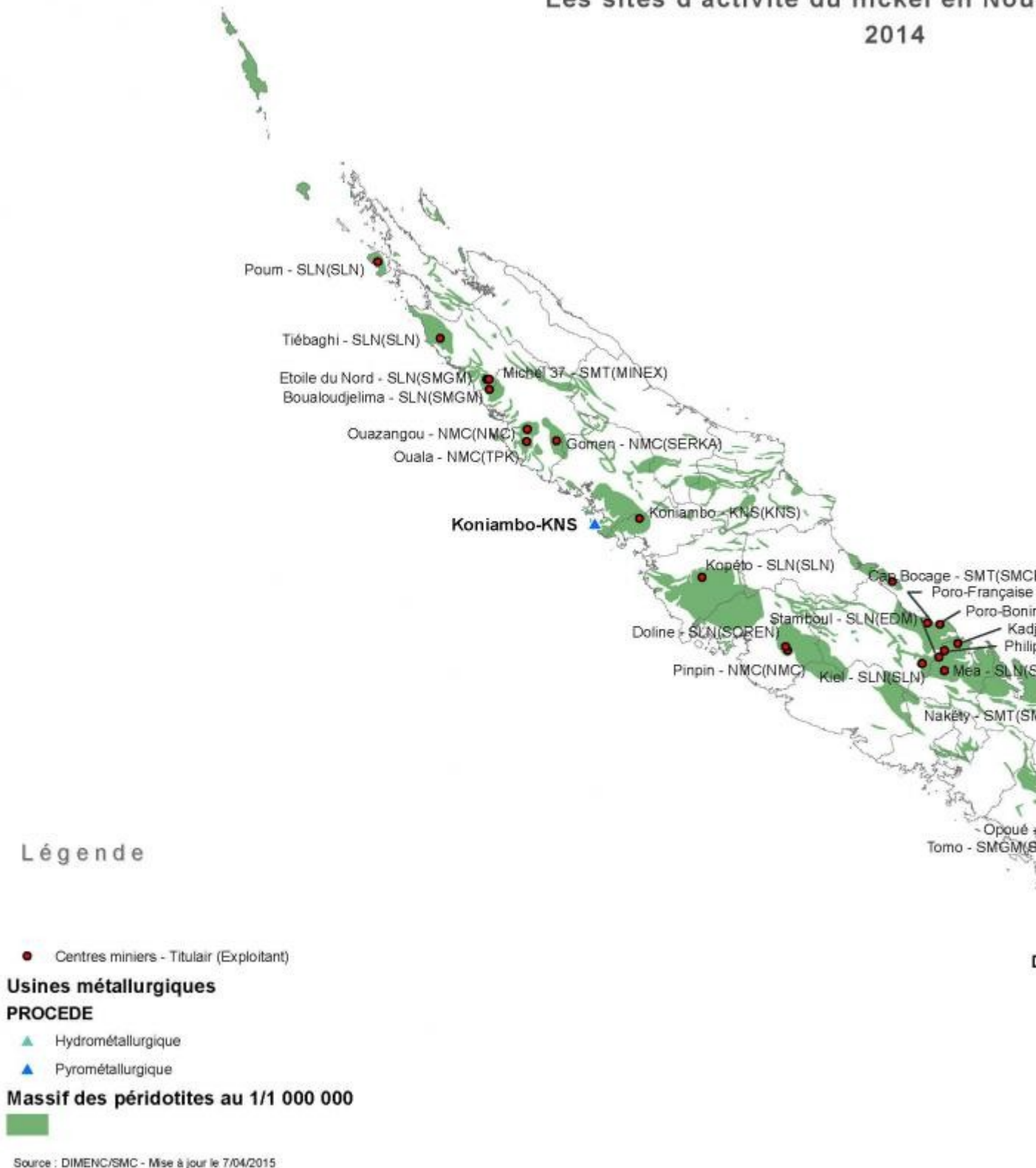
[Minara Ressources](#), filiale du groupe [Glencore](#) exploite des minerais latéritiques de nickel, à Murrin Murrin, avec des réserves de 191,6 millions de t de minerai contenant 0,97 % de Ni et 0,069 % de Co. L'exploitation est prévue durer 40 ans. Les capacités de production de Murrin Murrin sont de 40 000 t/an de Ni et 3 000 t/an de Co. En 2015, la production de Murrin Murrin a été de 37 500 t de nickel et 2 800 t de cobalt.

[First Quantum](#) exploite le gisement de Ravensthorpe, avec en 2015, une production de 26 668 t de nickel et, en 2013, 1 200 t de cobalt contenu et des réserves prouvées et probables de 221,1 millions de t renfermant 0,62 % de Ni et 0,03 % de Co.

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 2013, la production est de 1 900 t de cobalt contenu, expédiées en Chine pour raffinage.

Nouvelle Calédonie : carte des sites d'activité du nickel en Nouvelle Calédonie, DIMENC/SMC

## Les sites d'activité du nickel en Nouvelle-Calédonie 2014



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 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. En 2015, la production a été de 133 t de cobalt contenu dans des mattes de nickel-cobalt.

Par ailleurs, le groupe Eramet a pris, en 2006, le contrôle de 60 % de la société Weda Bay Minerals qui prévoit l'exploitation du gisement d'Hamahera, en Indonésie, qui renferme 175,2 millions de t de minerai contenant 1,58 % de Ni et 0,08 % de Co.

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. L'usine hydrométallurgique de production du nickel et du cobalt doit produire annuellement 60 000 t de Ni et 4 600 t de Co. En 2015, la production a été de 26 900 t de Ni et 2 391 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 2015, 9 100 t de nickel dans du ferronickel. Les réserves de minerai sont de 35,1 millions de t contenant 2,30 % de Ni. Le cobalt contenu dans le minerai n'est pas récupéré.

**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 2015, la production est de 1 722 t de cathodes de cobalt.

**Madagascar** : l'exploitation d'[Ambatovy](#), détenue à 40 % par [Sherritt](#), 32,5 % par [Sumitomo Metal Mining](#), et 27,5 % par [Korea Resources](#) 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 Sherrit (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 2015, la production a été de 47 271 t de Ni et 3 464 t de Co. Les réserves prouvées et probables sont de 180,7 millions de t renfermant 0,84 % de Ni et 0,07 % de Co.

Dans l'Union européenne, des mines sont exploitées principalement en Finlande (en 2013, la production a été de 750 t de cobalt contenu) avec celles de Sotkani (acquise en 2015 auprès de [Talvivaara](#) par [Terrafame](#)) qui a produit 238 t, en 2013, Kevitsa (vendue en 2016 par [First Quantum](#) à [Boliden](#)), Hitura ([Belvedere resources](#)), Kylylahti (acquise en 2014 par [Boliden](#) auprès de [Altona Mining](#)) et en Espagne à Aguablanca ([Lundin Mining](#)) avec une fermeture prévue début 2018, pour ces dernières, les productions de cobalt ne sont pas publiées.

**Commerce international de minerais et concentrés** : en 2015, en t de produits. Total : 328 981 t.

**Principaux pays importateurs** :

- Chine : 227 759 t à 99 % de R.D. du Congo.
- Zambie : 94 037 t à 99 % de R.D. du Congo.
- Corée du Sud : 2 781 t à 98 % de R.D. du Congo.

### Principaux pays exportateurs :

- R.D. du Congo : 321 518 t.
- Afrique du Sud : 3 052 t.

**Réserves :** en 2015, en milliers de t de Co contenu. Monde : 7 100.

R.D. du Congo	3 400	Philippines	250
Australie	1 100	Canada	240
Cuba	500	Nouvelle Calédonie	200
Zambie	270	Madagascar	130
Russie	250	Chine	80

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 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](#)). 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'est 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 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,  $\text{Co}^{2+}$  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** : en 2015, en t de cobalt raffiné : monde : 98 113, Union européenne (Finlande, Belgique, France) : 15 606.

Chine	48 719	Norvège	3 100
Finlande	8 582	Zambie	2 997
Canada	5 591	Japon	2 800
Australie	5 150	France (Nlle Calédonie)	2 524
Belgique, estimation	4 500	Russie	2 040
Madagascar	3 464	Maroc	1 722
R. D. du Congo	3 300	Brésil	1 300

Source : Cobalt Development Institute et Darton Commodities

- 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 et la Finlande.

- 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 2015, en t de produits. Total : 223 418 t.

Principaux pays importateurs :

- Chine : 168 975 t à 92 % de R.D. du Congo.
- Etats-Unis : 11 534 t.
- Japon : 9 448 t.

Principaux pays exportateurs :

- R.D. du Congo : 155 097 t.
- Russie : 10 049 t.
- Canada : 9 578 t
- Australie : 7 323 t.

**Recyclage et stocks stratégiques** : le recyclage du cobalt est, en 2015, de 2 500 t aux Etats-Unis, soit 28 % 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 qu'environ 301 tonnes. Les États-Unis n'ont pas vendu de cobalt issu du stocks stratégiques depuis 2011 alors que ce montant atteignait 2 720 t en 2000.

**Producteurs mondiaux : en 2015, en t.**

<a href="#">Glencore</a> (Norvège, R.D. du Congo, Australie)	9 300	<a href="#">Sherritt</a> (Canada et Madagascar)	3 251
<a href="#">Freeport McMoRan</a> (Finlande)	8 582	<a href="#">Eurasian Resources Group</a> (Zambie)	2 997
<a href="#">Jinchuan</a> (Chine), en 2012	6 700	<a href="#">Norilsk</a> (Russie)	2 040
<a href="#">Umicore</a> (Belgique, Chine)	6 306	<a href="#">Queensland Nickel</a> (Australie)	1 850
<a href="#">Sumitomo</a> (Japon)	4 259	<a href="#">CTT</a> (Maroc)	1 722
<a href="#">Vale</a> (Canada, Nlle Calédonie)	4 249	<a href="#">Votorantim</a> (Brésil)	1 300

Source : Cobalt Development Institute et Darton Commodities

- [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.
- [Freeport McMoRan](#), avec une participation de 56 % exploite la raffinerie de Kokkola en Finlande, de 12 000 t/an de capacité de production, en association avec [Lundin Mining](#), 24 % et Gégamines, 20 %.
- [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.
- [Umicore](#) produit des composés de cobalt à Olen, en Belgique et à Ganzhou, en Chine, à travers une société détenue à 40 %.
- [Sumitomo Metal Mining](#), exploite des gisements de nickel à Coral Bay dans l'île de Palawan et Taganito, dans l'île de Mindanao, aux Philippines et produit du cobalt et des sels de cobalt dans ses raffineries de Niihama et Harima au Japon.
- 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.
- [Queensland Nickel](#) (Australie), à Townsville, dans le Queensland, traite des minerais latéritiques de nickel importés de Nouvelle Calédonie, Indonésie et Philippines. Dans la raffinerie Palmer (ex-raffinerie Yabulu), le minerai est séché, broyé, puis additionné de fuel pour être réduit à haute température. Après refroidissement, un traitement par une solution d'ammoniac et de carbonate d'ammonium dissout le nickel et le cobalt sous forme de complexes ammoniacaux à une concentration d'environ 23 g/L de Ni<sup>2+</sup> et 1,1 g/L de Co<sup>2+</sup>. Le nickel est extrait par solvant spécifique, puis précipité sous forme de carbonate qui par chauffage à 1200°C donne de l'oxyde réduit en métal, à 1000°C, sous dihydrogène. Le cobalt est extrait de la solution ammoniacale à



l'aide d'hydrogénosulfite d'ammonium qui précipite le cobalt sous forme de sulfite, oxydé par de l'air et du dioxygène en sulfate de cobalt, avec une concentration de 65 g/L de Co. Après diverses purifications par extraction par solvants et résines échangeuses d'ions, le sulfate est transformé en divers sels de cobalt.

- 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 2013, la production a été de 33 542 t de Ni et 3 379 t de Co.

**SITUATION FRANCAISE** : en 2015, en t de métal ou de cobalt contenu dans les sels, sauf pour le commerce extérieur.

**Production :**

- La production a été de 133 t de cobalt contenu sous forme de chlorure à l'usine Eramet de Sandouville à partir de mattes calédoniennes (voir le chapitre [nickel](#)). Cette production devrait se terminer avec l'arrêt de la production de mattes par la SLC convertie en production de ferronickel.

- La production par Vale, à Goro, en Nouvelle Calédonie a été de 2 391 t de cobalt contenu dans du carbonate de cobalt.

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.

- [Eurotungstène](#) (société du groupe Eramet) produit du cobalt en poudre à Grenoble (38) avec 322 t vendues en 2013.

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

**Minerais et concentrés** :

- Importations : 11 t à 82 % du Royaume Uni, 20 % d'Allemagne.

- Exportations : 76 t à 97 % vers le Viet Nam.

**Oxydes et hydroxydes** :

- Importations : 462 t à 61 % du Royaume Uni, 22 % de Finlande, 11 % de Belgique.

- Exportations : 6 t à 50 % vers l'Allemagne.

**Chlorure** :

- Importations : 209 t à 59 % de Belgique, 34 % du Royaume Uni.

- Exportations : 12 t à 42 % vers l'Allemagne, 25 % l'Italie, 17 % l'Espagne.

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

- Importations : 1 093 t à 40 % des Etats Unis, 14 % de Belgique, 9 % du Royaume Uni.

- Exportations : 536 t à 45 % vers l'Allemagne, 17 % les Etats Unis, 7 % le Japon.

**Déchets** :

- Importations : 394 t à 39 % du Royaume Uni, 25 % des Etats-Unis, 13 % du Brésil, 12 % d'Allemagne.

- Exportations : 423 t à 76 % vers les Etats Unis, 9 % l'Allemagne.

**UTILISATIONS** :

**Consommation** : dans le monde, en 2015, 89 000 t. En Chine, en 2014, 44 500 t, aux Etats Unis, en 2015, 10 000 t.

**Secteurs d'utilisation :**

	Monde, en 2013	Chine, en 2015		Monde, en 2013	Chine, en 2015
Batteries	42 %	78,7 %	Pigments et décolorants	7 %	3,6 %
Superalliages	19 %	3,8 %	Aimants	4 %	3,6 %
Carbures cimentés	9 %	6,3 %	Pneus et siccatif	3 %	-
Catalyseurs	9 %	3,2 %	Autres (traitements de surfaces...)	7 %	0,8 %

Source : Darton Commodities et Anteke

- Aux Etats-Unis, en 2015, l'élaboration des superalliages représente 46 % de la consommation, des carbures cimentés, 9 %, de divers alliages métalliques, 18 %, de produits chimiques, 27 %.

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

**Utilisations diverses :**

- **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.

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

Dans les batteries lithium-ion, sont employés : le cobaltate de lithium, LiCoO<sub>2</sub>, dans les batteries LCO (Lithium-Cobalt-Oxyde), l'oxyde de manganèse-lithium pour les batteries LMO, l'oxyde de lithium, nickel, manganèse, cobalt pour les batteries NMC, le phosphate de fer-lithium pour les batteries LFP. Les batteries LCO, représentent, en 2012, 39 % des 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 mais Tesla, constructeur américain de véhicules électriques, équipe ses véhicules de telles batteries avec, par véhicule, 6 831 cellules dans 11 modules pesant 450 kg dont 8 kg de cobalt.

Dans les batteries LCO, le matériau de la cathode contient 60 % en masse de cobalt sous forme de cobaltate de lithium, LiCoO<sub>2</sub>. Dans les batteries NMC, la teneur en cobalt de la cathode est de 20 %.

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.

- **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 le chapitre consacré au [nickel](#).

- 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 destiné principalement à la fabrication de PET (polytéréphtalate d'éthylène).
- Les aimants permanents ([AlNiCo](#), [Sm-Co](#)) sont concurrencés par les aimants Fer-[Néodyme-Bore](#) ( $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ ). La présence de cobalt (qui possède une température de Curie de  $1121^\circ\text{C}$ ) permet de conserver les propriétés magnétiques du fer à plus haute température (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  $900-950^\circ\text{C}$ . 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 : 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 et en radiographie industrielle.
- 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.