

CUIVRE 2015

MATIÈRES PREMIÈRES :

La teneur moyenne de l'écorce terrestre est de 55 ppm.

Minerais :

Ils sont très divers avec plus de 165 variétés de minéraux. Les teneurs des minerais exploités sont généralement comprises entre 0,4 et 2 %, exceptionnellement jusqu'à 5 % par exemple au début de l'exploitation de la mine de Neves Corvo (Portugal). La teneur moyenne des minerais exploités est passée de 1,34 % en 1990 à 0,78 % en 2008. Au Chili, en 2015, la teneur moyenne des minerais exploités est de 0,61 %. Les minerais se présentent sous deux formes chimiques principales qui conditionnent leur traitement :

- Sulfurée : qui représentent 80 % de la production mondiale sous forme de chalcopirite (CuFeS_2), bornite (Cu_5FeS_4), chalcosine (Cu_2S)... Les gisements sulfurés sont principalement de type porphyres cuprifères et sont présents dans les cordillères ouest américaines et les chaînes alpines.
- Oxydée (principalement sous forme de carbonates) : avec la malachite ($\text{CuCO}_3, \text{Cu}(\text{OH})_2$), l'azurite ($2\text{CuCO}_3, \text{Cu}(\text{OH})_2$), la cuprite (Cu_2O)... Les minerais oxydés sont souvent présents dans les parties supérieures des gisements, zones d'altérations importantes, le cœur de ces derniers étant sulfuré.

De nombreux autres éléments métalliques sont souvent associés au cuivre : [Fe](#), [Ni](#), [Zn](#), [Pb](#), [Co](#), [Mo](#), [Ge](#), [Au](#), [Ag](#)... Les minerais de cuivre sont une ressource importante de [molybdène](#) (54 % de sa production provient de mines de cuivre) et de [rhénium](#). Dans le cas particulier de la mine d'Olympic Dam, en Australie, le cuivre est associé à de l'[uranium](#). La présence d'autres éléments valorisables peut parfois permettre l'exploitation de gisement de faible teneur en cuivre. En 2010, pour une production minière de 16 millions de t de cuivre, les éléments suivants ont été coproduits : [molybdène](#) (250 000 t), [cobalt](#) (98 000 t), [bismuth](#) (8 500 t), [sélénium](#) (2 600 t), [tellure](#) (450 t), [rhénium](#) (54 t), [terres rares](#) (130 000 t), ainsi que de l'uranium, de l'argent et de l'or.

Exploitations minières :

Au Chili :

- La mine souterraine de cuivre la plus importante au monde est celle d'El Teniente, exploitée par la société [Codelco](#) avec 3 000 km de galeries. La production, en 2015, est de 471 157 t de cuivre, 7 326 t de molybdène, 102,7 t d'argent, 853 kg d'or et 1,18 million de t d'[acide sulfurique](#). La mine est exploitée industriellement depuis 1905 avec, en 110 années, une production de 22,45 millions de t de cuivre. Les réserves prouvées et probables sont de 1,683 milliard de t de minerai à 0,89 % de cuivre.
- La mine de cuivre à ciel ouvert la plus importante au monde est celle d'Escondida, découverte en 1981, ouverte en 1991, située à 3 100 m d'altitude dans le désert d'Atacama, avec, en 2015, 1,15 million de t de cuivre extraites dont 844 700 t de cuivre contenu dans les concentrés produits et 308 000 t produites directement sous forme de cathodes de cuivre. La teneur moyenne des minerais extraits, en 2014-15, est de 1,36 %. L'exploitation est constituée de 2 mines à ciel ouvert, l'une de 645 m de profondeur et de 3,9 x 2,7 km, l'autre de 525 m de profondeur sur 2,5 x 2,2 km. Les concentrés sont évacués sous forme de pulpe par une canalisation de 170 km, jusqu'au port de

Coloso sur l'océan Pacifique. Les cathodes produites sont exportées par le port d'Antofagasta. Les réserves prouvées et probables sont de 5,67 milliards de t de minerai sulfuré contenant 0,67 % de cuivre, 2,5 milliards de t de minerai sulfuré à 0,43 % de cuivre, destinées à la lixiviation et 300 millions de t de minerai oxydé à 0,66 % de cuivre également destinés à être lixiviés. La mine est exploitée par [BHP-Billiton](#) qui possède 57,5 % de la société Minera Escondida, aux côtés de [Rio Tinto](#) (30 %) et Mitsubishi (10 %).

De nombreuses autres mines chiliennes sont parmi les plus importantes au monde : Collahuasi, Los Bronces, Chuquicamata, Los Pelambres, Radomiro Tomic, Andina...

Au Pérou :

- La mine d'[Antamina](#), située à 4 300 m d'altitude est exploitée, à ciel ouvert, depuis 2001. En 2015, la production a été de 360 600 t de cuivre, 235 000 t de zinc, 6 130 t de plomb, 2 000 t de molybdène et 551 t d'argent. La teneur moyenne du minerai exploité, en 2014-15, est de 1,03 % de cuivre et 0,60 % de zinc. Les réserves prouvées et probables sont de 598 millions de t de minerai contenant, en moyenne, 0,95 % de cuivre, 0,97 % de zinc, 0,023 % de molybdène et 10,6 g/t d'argent. Les concentrés de cuivre et de zinc sont acheminés à l'aide d'une canalisation de 21 à 25 cm de diamètre sur une distance de 302 km jusqu'au port de Punta Lobitos situé près de la ville de Huarmey. La société (Compania Minera Antamina) exploitant la mine est détenue à 33,75 % par [Glencore](#), 33,75 % par [BHP-Billiton](#), 22,5 % par [Teck](#) et 10 % par Mitsubishi.

- La mine à ciel ouvert de [Cerro Verde](#) détenue à 53,56 % par [Freeport](#) a produit, en 2015, 247 430 t de cuivre et 3 180 t de molybdène. Les réserves prouvées et probables sont de 4,255 milliards de t de minerai contenant 0,37 % de Cu, 0,01 % de Mo, 1,55 g/t de Ag.

Aux Etats-Unis : les mines sont situées, par ordre décroissant des productions, dans les Etats suivants : Arizona, Nouveau Mexique, Utah, Nevada, Montana. 18 mines sur un total de 26, extraient 99 % de la production.

- La mine la plus importante, [Morenci](#), dans l'Arizona, est exploitée, à 85 %, par [Freeport](#) en association avec [Sumitomo](#) (15 %). Ouverte, en souterrain en 1872, la mine est devenue à ciel ouvert en 1937. Elle est exploitée en partie de façon classique par extraction mécanique du minerai et concentration et en partie par lixiviation en tas du minerai ou par lixiviation directe dans la mine suivie d'une extraction par solvant puis d'une électrolyse donnant directement des cathodes de cuivre. En 2015, sa production a été de 481 240 t de cuivre et 3 632 t de molybdène. Les réserves prouvées et probables sont de 752 millions de t à 0,42 % de cuivre et 0,02 % de molybdène destinées à fournir des concentrés, 385 millions de t à 0,54 % de cuivre destinées à être lixiviées en tas et 2,437 milliards de t de minerai à 0,18 % de cuivre destinées à être lixiviées directement dans la mine.

- La mine de [Bingham Canyon](#), dans l'Utah, près de Salt Lake City, est exploitée par [Rio Tinto](#). En 2015, sa production a été de 92 000 t de cuivre, 7 600 t de molybdène, 45,3 t d'argent, 4,1 t d'or. Les réserves prouvées et probables sont de 690 millions de t de minerai contenant 0,45 % de cuivre, 0,034 % de molybdène, 2,09 g/t d'argent, 0,18 g/t d'or. La mine, ouverte en 1903, a produit depuis son ouverture, 19 millions de t de cuivre. C'est l'excavation réalisée par l'homme la plus importante au monde (4,4 km de diamètre pour 1,2 km de profondeur).

Dans l'Union européenne : les principales mines, exploitées par [KGHM](#), sont situées en Pologne. Les autres pays producteurs miniers sont la Bulgarie, la Suède, le Portugal, l'Espagne et la Finlande.

- La mine souterraine de [Neves Corvo](#), au Portugal, a commencé à être exploitée en 1990 pour le cuivre et 2006 pour le zinc. La production de 2015 a été de 55 831 t de cuivre, 61 921 t de zinc, 3 192 t de plomb et 43,2 t d'argent. Les réserves prouvées et probables sont de 25,9 millions de t de minerai de cuivre contenant 2,7 % de cuivre, 0,8 % de zinc, 0,2 % de plomb, 37 g/t d'argent et 25,3 millions de t de minerai de zinc contenant 7,1 % de zinc, 0,4 % de cuivre, 1,7 % de plomb, 66 g/t d'argent. La mine est exploitée par la société canadienne [Lundin Mining](#).

Exploitation de gisements sous-marins :

Des projets d'exploitation d'amas sulfurés polymétalliques sous-marins sont en cours de développement, en particulier, celui de [Nautilus Minerals](#), dans la mer de Bismarck, en Papouasie Nouvelle Guinée, à 1 600 m de profondeur. Le gisement, Solwara 1, possède des ressources de 1,03 million de t contenant 7,2 % de Cu, 0,4 % de Zn, 23 g/t de Ag, 5 g/t d'or.

Principales mines : en milliers de t de capacité annuelles de production, en juillet 2016.

| | | | |
|----------------------|-------|------------------------------|-----|
| Escondida (Chili) | 1 200 | Antamina (Pérou) | 450 |
| Grasberg (Indonésie) | 780 | Los Bronces (Chili) | 435 |
| Morenci (Etats-Unis) | 520 | Péninsule de Taimyr (Russie) | 430 |
| Buenavista (Mexique) | 510 | Los Pelambres (Chili) | 420 |
| Collahuasi (Chili) | 500 | Radomiro Tomic (Chili) | 370 |
| El Teniente (Chili) | 452 | Cerro Verde (Pérou) | 340 |

Source : ICSG

Traitement des minerais : la plus grande partie des minerais (représentant 80 % de la production minière de cuivre, en 2015) subit une concentration avant des opérations pyrométallurgiques suivies d'un raffinage. L'autre partie des minerais (représentant 20 % de la production minière de cuivre, en 2015) est traitée, sans concentration, selon le procédé dénommé SX/EW (dissolution - extraction par solvant - puis électrolyse) donnant directement du cuivre de qualité commerciale sous forme de cathodes. Voir plus loin la partie métallurgie.

Concentration : elle concerne les minerais sulfurés. Le broyage fin des minerais (grains < 0,15 mm) est suivi d'une concentration par flottation dans des cellules de 60 à 100 m³. La molybdénite (MoS₂) contenue flotte naturellement, le sulfure de cuivre étant alors déprimé à l'aide de sulfure de sodium (0,2 g/L). Le taux de récupération du [molybdène](#) est compris entre 27 et 60 %. La flottation des sulfures de cuivre est réalisée en présence de xanthates (25 à 300 g/t) ou de dithiophosphates (100 à 150 g/t). Le taux de récupération du cuivre est de 90 à 95 %. Les concentrés obtenus contiennent environ 31 % de cuivre. Les opérations de concassage et broyage représentent jusqu'à 85 % des coûts de concentration.

Productions minières : en 2015, en milliers t de Cu contenu. Monde : 19 295, Union européenne (Pologne, Bulgarie, Espagne, Portugal, Suède...) : 861.

| | | | |
|----------------|-------|------------|-----|
| Chili | 5 764 | Zambie | 754 |
| Pérou | 1 705 | Russie | 720 |
| Chine | 1 667 | Canada | 697 |
| Etats-Unis | 1 382 | Indonésie | 580 |
| R. D. du Congo | 1 039 | Kazakhstan | 566 |
| Australie | 971 | Mexique | 541 |

Au Chili, les principaux producteurs sont, en 2015, en milliers de t de cuivre : Codelco (1 891), BHP-Billiton (1 231), Anglo American (709), [Antofagasta](#) (630), Freeport (147), Glencore (280), Rio Tinto (92), KGHM (19,3). Dans ce pays, la production est pénalisée par la situation géographique des principaux gisements dans le désert de l'Atacama et les besoins en eau et en énergie.

- Les besoins en eau de la mine d'Escondida (60 m³/t de Cu) ont nécessité la construction d'une usine de dessalement d'eau de mer près d'Antofagasta, sur la côte du Pacifique avec une aménée de l'eau, par 2 canalisations de 180 km.

- La société [GNLM](#) détenue à 63 % par Engie et 37 % par Codelco possède, à Mejillones, un terminal gazier recevant du gaz naturel liquéfié et le regazéifiant pour alimenter une centrale électrique de 1 100 MW de capacité.

Principaux producteurs : en 2015, en milliers de t de cuivre extrait des exploitations minières.

| | | | |
|--|-------|---|-----|
| Codelco (Chili) | 1 891 | KGHM (Pologne) | 718 |
| BHP-Billiton (Australie) | 1 580 | Anglo American (Afrique du Sud) | 709 |
| Freeport (Etats-Unis) | 1 515 | Antofagasta (Chili) | 630 |
| Glencore (Suisse) | 1 502 | Rio Tinto (Australie) | 504 |
| Grupo México (Mexique) | 906 | First Quantum (Canada) | 428 |

Sources : rapports d'activité des sociétés

[Codelco](#) (Corporation National del Cobre de Chile), société d'état chilienne, exploite 7 complexes miniers : Chuquicamata (308 625 t, en 2015), Radomiro Tomic (315 747 t), El Teniente (471 157 t), Andina (224 264 t), Gabriela Mistral (125 009 t), Salvador (48 582 t), Ministro Hales, près de Chuquicamata, a ouvert en 2010, avec, en 2015, 238 305 t et détient 49 % de la mine d'El Abra, exploitée par Freeport, avec une part de 72 131 t et 20 % d'Anglo American Sur, avec une part de 87 557 t. L'exploitation de Chuquicamata, à compter de 2019, se poursuivra souterrainement, avec une production prévue de 320 000 t/an.

En 2015, la production de molybdène, associée à celle de cuivre, a été de 27 683 t, celle d'argent de 663 t, d'or de 2,5 t et d'acide sulfurique de 2,85 millions de t. En 2014, les minerais extraits ont une teneur moyenne de 0,71 % de cuivre. En valeur, les revenus de la société ont été réalisés, en 2015, à 92 % par la production de cuivre, 3 % par celle de molybdène et 5 % par celle des autres coproduits (argent, or et acide sulfurique). Le cuivre a été vendu à 67 % sous forme de cathodes, 31 % de concentrés, 2 % de blister. 12 % de l'électricité chilienne est consommée par Codelco. Les réserves prouvées et probables sont de 7,943 milliards de t de minerai à 0,67 % en moyenne.

Les mines de [BHP-Billiton](#) sont situées au Chili, avec 57,5 % de la mine d'Escondida (648 900 t dans des concentrés et 330 300 t de cathodes), au Pérou, avec 33,75 % de la mine d'Antamina (146 400 t dans des concentrés) et en Australie avec la mine Olympic Dam (202 800 t de cathodes).

[Freeport-McMoRan Copper & Gold](#) a absorbé Phelps Dodge, en mars 2007. La production a été, en 2015, de 902 550 t aux Etats-Unis avec les mines, dans l'Arizona, de [Morenci](#) (481 240 t), [Bagdad](#) (95 340 t), [Sierrita](#) (85 810 t), [Miami](#) (19 520 t) et [Safford](#) (91 710 t) et au Nouveau Mexique de [Chino](#) (142 560 t) et [Tyrone](#) (38 140 t), de 147 100 t au Chili avec 51 % de la mine de [El Abra](#) - en commun avec Codelco, de 247 430 t au Pérou avec 53,56 % de la mine de [Cerro Verde](#), de 341 410

t en Indonésie, avec 90,64 % de la mine de [Grasberg](#) et de 203 850 t en République Démocratique du Congo, avec 56 % de la mine de Tenke Fungurume. Cette participation a été vendue en mai 2016 au groupe chinois [China Molybdenum \(CMOC\)](#). Outre celle de cuivre, la production de molybdène a été de 38 600 t, celle de cobalt (à Tenke Fungurume) de 9 100 t, celle d'or de 35,2 t. Les réserves prouvées et probables sont de 36,0 millions de t de cuivre, 1,24 million de t de molybdène, 6 893 t d'argent et 765 t d'or.

Les mines de [Glencore](#) sont situées en Argentine (50 % d'Alumbrera avec 61 800 t, en 2015), Australie (Mount Isa avec 205 800 t et Cobar avec 50 800 t), Chili (44 % de Collahuasi avec 190 600 t dans des concentrés et 9 800 t de cathodes, Punitaqui avec 8 100 t et Lomas Bayas avec 71 100 t de cathodes), Pérou (33,75 % de Antamina avec 131 800 t et Antapaccay avec 202 100 t), en République Démocratique du Congo (Katanga, avec 113 700 t et Mutanda, avec 216 100 t), en Zambie (Mopani, avec 92 100 t). La production de cuivre a donné une co-production de 79 300 t de zinc, 19,4 t de cobalt, 76,4 t d'argent et 12,7 t d'or. Par ailleurs, la production de zinc a donné une coproduction de 102 600 t de cuivre et celle de nickel, de 46 000 t de cuivre.

[Grupo México](#), au travers de sa filiale [Southern Copper](#), exploite au Mexique, dans l'état de Sonora, les mines à ciel ouvert de Buenavista avec, en 2015, 142 025 t de cuivre dans des concentrés et La Caridad avec 103 861 t de cuivre dans des concentrés et dans ces deux exploitations 149 754 t de cathodes et les mines souterraines de Charcas, San Martin et Santa Barbara, avec 5 593 t de cuivre, au Pérou, Cuajone avec 178 187 t de cuivre dans des concentrés et Toquepala, avec 119 427 t de cuivre dans des concentrés et 24 167 t de cathodes, et à travers de sa filiale [Asarco](#), aux Etats-Unis, dans l'Arizona, Mission avec, en 2014, 60 800 t de cuivre dans des concentrés, Ray, avec 62 500 t dans des concentrés et 28 100 t de cathodes et Silver Bell, avec 19 400 t de cathodes. Les réserves prouvées et probables sont de 70,1 millions de t de cuivre.

[KGHM](#) exploite 3 mines souterraines dans le sud-ouest de la Pologne, à Lubin, Polkowice-Sieroszowice et Rudna, avec une production totale, en 2015, de 478 727 t de cuivre et 1 283 t d'argent. Après l'acquisition, en 2012, de la société canadienne Quadra FNX Mining, KGHM exploite une mine au Canada, Morrison, avec 14 000 t de cuivre, 2 100 t de nickel, 700 kg de palladium, 255 kg de platine et 149 kg d'or, une mine aux Etats-Unis, Robinson, dans le Nevada, avec 57 000 t de cuivre, 1 763 kg d'or et du molybdène et deux mines au Chili, Franke, avec 20 000 t de cuivre et 55 % de Sierra Gorda qui a débuté son exploitation, en juillet 2015, avec une production prévue de 220 000 t/an de cuivre et 11 000 t/an de molybdène. En 2015, la production totale a été de 718 200 t de cuivre, 29 000 t de plomb, 4 205 t de molybdène, 2 210 t de nickel, 1 283 t d'argent, 87 t de sélénium, 5 t de rhénium, 2,7 t d'or, 2 t de platine et palladium. Le gisement polonais, découvert en 1957, est situé entre 600 et 1380 m de profondeur avec une épaisseur moyenne de 4,8 m et occupe une surface de 550 km². La production a commencé en 1968. En Pologne, en 2015, 31,6 millions de t de minerai ont été extraites avec une teneur moyenne de 1,52 % de Cu et 44,57 g/t d'argent. Les réserves prouvées et probables sont de 22,7 millions de t de cuivre, 178 875 t de molybdène, 52 388 t d'argent, 67 232 t de nickel, 8,4 t d'or, 2,4 t de palladium, 1,1 t de platine.

[Anglo American](#), exploite, au Chili, les mines de Los Bronces et El Soldado avec une participation de 50,1 % et une production, en 2015, de 183 720 t de cuivre dans des concentrés, 17 535 t de cathodes à Los Bronces et de 17 936 t de cuivre dans des concentrés, 100 t de cathodes à El Soldado, la mine de Collahuasi avec une participation de 44 % et une production de 190 560 t de cuivre dans des concentrés et 9 770 t de cathodes, la mine de Mantos Blancos avec 18 100 t de

cuivre dans des concentrés et 20 400 t de cathodes et la mine de Mantoverde, avec 32 300 t de cathodes.

[Antofagasta](#), exploite, au Chili, les mines de Los Pelambres, avec une production de 363 200 t de cuivre, en 2015, de Centinela avec 146 200 t de cuivre contenu dans des concentrés et 75 900 t de cathodes, Michilla avec 29 400 t de cuivre, Antucoya avec 12 200 t de cuivre, Zaldivar avec 4 400 t de cuivre. Les réserves prouvées et probables sont de 4,143 milliards de t de minerai renfermant 0,48 % de cuivre. L'exploitation du cuivre a engendré la coproduction de 10 100 t de molybdène et 6,65 t d'or.

Les mines de [Rio Tinto](#) sont situées aux Etats-Unis où [Kennecott Utah Copper](#) exploite la mine de Bingham Canyon avec, en 2015, 92 000 t, au Chili, avec 30 % de la mine d'Escondida et 344 700 t, en Mongolie, avec 33,5 % de la mine d'Oyu Tolgoi et 67 800 t et en Indonésie, avec une participation dans la mine de Grasberg. Les coproductions associées à l'extraction du cuivre sont, en 2015, de 7 600 t de molybdène, 103 t d'argent et 11,7 t d'or. Les réserves prouvées et probables sont de 21,1 millions de t de cuivre.

[First Quantum](#), exploite, en Zambie, la mine de Kansanshi, avec, en 2015, une production de 160 384 t de cuivre dans des concentrés, 66 290 t de cathodes et 4,2 t d'or, en Espagne, la mine de Las Cruces, avec 70 029 t de cuivre, en Turquie, la mine de Cayeli, avec 24 304 t de cuivre et 19 808 t de zinc, en Mauritanie, la mine de Guelb Moghrein, avec 45 001 t de cuivre et 2 t d'or, en Finlande, les mines de Kevitsa, avec 17 204 t de cuivre, 8 805 t de nickel, 992 kg de platine, 784 kg de palladium et 400 kg d'or et de Pyhäsalmi, avec 12 046 t de cuivre, 21 331 t de zinc et 839 706 t de pyrite.

Réserves: en millions de t de cuivre contenu, en 2015. Monde : 720.

| | | | |
|------------|-----|----------------|----|
| Chili | 210 | Chine | 30 |
| Australie | 88 | Russie | 30 |
| Pérou | 82 | Pologne | 28 |
| Mexique | 46 | Indonésie | 25 |
| Etats-Unis | 33 | R. D. du Congo | 20 |

Source : USGS

En 1950, les réserves étaient de 90 millions de t. En 1970, de 280 millions de t. Entre 2005 et 2015, alors que 182 millions de t ont été exploitées, les réserves ont augmenté de 250 millions de t.

Une [étude de l'USGS](#), à partir d'un raisonnement géologique sur les types de gisements de cuivre, leur teneur moyenne en cuivre..., estime en 2013, que les réserves étant de 690 millions de t, les ressources identifiées sont de 2 100 millions de t et les ressources non identifiées seraient de 3 500 millions de t.

Marché international : il est important car les pays producteurs et consommateurs (sauf les États-Unis) sont distincts. Le commerce international porte sur les concentrés, le blister et surtout sur le cuivre raffiné (voir plus loin).

Principaux pays exportateurs de cuivre contenu dans les minerais ou les concentrés, en 2015, en milliers de t. Total exporté : 7 614.

| | | | |
|-------|-------|------------|-----|
| Chili | 2 714 | Etats-Unis | 392 |
| Pérou | 1 335 | Mongolie | 370 |

| | | | |
|-----------|-----|---------|-----|
| Australie | 481 | Brésil | 271 |
| Canada | 480 | Espagne | 205 |
| Indonésie | 428 | Mexique | 203 |

Source : Cochilco

Les exportations chiliennes ont porté, en cuivre contenu, en 2015, sur un total de 5 737 000 t dont 2 714 000 t dans des minerais ou concentrés, 451 000 t de blister et 2 571 000 t de cuivre raffiné. Les exportations chiliennes de concentrés ont été destinées à la Chine pour 39 %, au Japon pour 23 %, à l'Inde pour 14 %, à la Corée du Sud pour 8 %, à l'Espagne pour 5 %...

Principaux pays importateurs : de cuivre contenu dans les minerais ou les concentrés, en 2015, en milliers de t. Total importé : 6 862.

| | | | |
|--------------|-------|-----------|-----|
| Chine | 3 330 | Allemagne | 290 |
| Japon | 1 214 | Bulgarie | 237 |
| Espagne | 446 | Brésil | 149 |
| Corée du Sud | 442 | Suède | 78 |
| Inde | 425 | Mexique | 61 |

Source : Cochilco

Situation française : pas de production minière et l'industrie métallurgique est peu développée. Les réserves sont très faibles, avec 200 000 t à Rouez dans la Sarthe, 150 000 t à Chessy dans le Rhône, 15 000 t à [Salsigne](#) dans l'Aude.

MÉTALLURGIE : selon 2 voies :

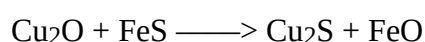
- Pyrométallurgique destinée aux minerais sulfurés. Elle concerne, en 2015, 79 % de la production et nécessite un raffinage ultérieur. Elle est approvisionnée principalement par des concentrés qui représentent 85 % du cuivre traité. Les 15 % restant proviennent du recyclage de déchets.
- Hydrométallurgique destinée aux minerais oxydés ou aux minerais sulfurés pauvres traités par biolixiviation. Elle concerne, en 2015, 21 % de la production et ne nécessite pas de raffinage ultérieur. Elle est réalisée dans des installations obligatoirement proches de l'extraction minière.

Pyrométallurgie : elle est effectuée en 3 étapes suivies d'un raffinage.

- Grillage partiel des concentrés vers 550-650°C : l'oxydation partielle des sulfures de fer, présents à des teneurs élevées systématiquement dans tous les minerais sulfurés, donne un "mixte" composé de sulfures de cuivre et de fer et d'oxyde de fer. [As](#) et [Sb](#) sont éliminés sous forme de composés volatils et récupérés.

- Fusion pour matte : la poursuite de l'oxydation, à 1100-1200°C, a lieu après la fusion des concentrés.

L'oxyde de cuivre formé réagit avec le sulfure de fer restant selon la réaction :



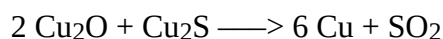
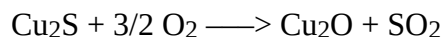
FeO passe, sous forme de silicates, dans les scories qui surnagent sur une matte fondue (formée de Cu₂S et FeS restant). La plus grande partie du fer est ainsi éliminée ainsi qu'une partie du plomb. La fusion a lieu dans des fours réverbères, électriques ou flash-smelting afin de limiter la pollution par

les fumées riches en [SO₂](#). Les fours flash-smelting donnent 72 % de la production, les fours réverbères 22 %, les fours électriques 5 %.

- Conversion : poursuite de l'oxydation de la matte liquide par de l'air ou du [dioxygène](#), vers 1300°C, en 2 étapes dans des convertisseurs de type Pierce-Smith ou Hoboken pendant une durée d'environ 4 heures.

- 1^{ère} phase de soufflage scorifiant : élimination totale du fer et des autres éléments métalliques plus oxydables que le cuivre qui passent dans des scories. Il reste Cu₂S appelé matte blanche.

- 2^{ème} phase de soufflage pour cuivre selon la réaction :



On obtient du cuivre noir, appelé blister, contenant de 98 à 99,5 % de Cu. Il reste un peu de Cu₂O. Le [dioxyde de soufre](#) est récupéré pour produire de l'[acide sulfurique](#), avec une production moyenne de 2,7 t d'acide par t de cuivre.

- Principales installations industrielles d'élaboration de blister, en juillet 2016, en milliers de t de capacité annuelle :

| | | | |
|------------------------------|-----|---------------------|-----|
| Guixi (Jiangxi, Chine) | 900 | El Teniente (Chili) | 400 |
| Birla Copper (Gujarat, Inde) | 500 | Jinchuan (Chine) | 400 |
| Hambourg (Allemagne) | 450 | Xiangguang (Chine) | 400 |
| Besshi (Ehime, Japon) | 450 | Sterlite (Inde) | 400 |
| Saganoseki (Ohita, Japon) | 450 | Norilsk (Russie) | 400 |

Source : ICSG

Raffinage du blister : principalement par électrolyse à anode soluble.

Le blister est coulé sous forme d'anodes de 350 kg, 1 m² de surface, 13 à 50 mm d'épaisseur.

Les cathodes sont formées de feuilles de départ minces de cuivre raffiné (8 kg). Chaque cellule contient par exemple 30 anodes et 31 cathodes. L'électrolyse est réalisée à 65°C. Les cathodes sont changées tous les 10 jours, les anodes solubles tous les 20 jours (chaque anode donne 2 cathodes). Les cathodes obtenues ont une teneur en cuivre de 99,99 %. La tension appliquée entre les électrodes est de 0,25 à 0,4 V avec une consommation électrique de 250 kWh/t Cu. La composition du bain d'électrolyse est la suivante : Cu²⁺ : 45 g/L, H₂SO₄ : 185 g/L.

- Les impuretés métalliques présentes dans le blister soit restent en solution ou précipitent ([Zn](#), [Fe](#), [Ni](#), [Co](#), [Sn](#), [Pb](#)) soit sont insolubles ([Ag](#), [Au](#), Pt) et elles sont récupérées dans les boues anodiques. D'autres impuretés ([As](#), [Sb](#), [Bi](#)) se déposent, en partie avec le cuivre, et devront être éliminées ultérieurement. La purification de 100 t de cuivre donne de 0,5 à 1 t de boues de composition moyenne : Cu : 20 à 50 %, Ag : 5 à 25 %, Au < 4 %, ainsi que : As, Sb, Sn... On estime que 80 % de l'argent et 15 % de l'or produits dans le monde, sont extraits de boues provenant de l'électro-affinage de métaux, principalement de cuivre.

- Les coûts, par exemple pour la société Codelco, se répartissent ainsi : extraction minière : 18 %, concentration : 34 %, pyrométallurgie : 31 %, raffinage : 12 %, services communs : 5 %.

- En France, la seule usine de raffinage du cuivre, la Compagnie Générale d'Électrolyse du Palais (87, contrôlée à 58 % par Pechiney), qui produisait 63 113 t de cuivre, en 1996, a fermé en 1998. Elle traitait du cuivre recyclé et du blister importé.

- Principales installations industrielles de raffinage, en juillet 2016, en milliers de t de capacité annuelle :

| | | | |
|------------------------|-----|------------------------------|-----|
| Guixi (Jiangxi, Chine) | 900 | Birla Copper (Gujarat, Inde) | 500 |
| Jinchuan (Chine) | 650 | Pyshma (Russie) | 460 |
| Daye (Hubei, Chine) | 600 | Toyo/Niihama (Japon) | 450 |
| Chuquicamata (Chili) | 600 | Amarillo (Texas, Etats-Unis) | 450 |
| Yunnan Copper (Chine) | 500 | Onsan (Corée du Sud) | 440 |

Source : ICSG

Le blister peut être également purifié par affinage thermique afin d'éliminer une partie des impuretés plus oxydables que le cuivre : Fe, S, As, Pb, Sb. On procède par soufflage d'air dans le bain de blister liquide. Lors de cette opération une partie du cuivre s'oxyde en Cu_2O . Afin de réduire cet oxyde on peut procéder par perchage avec du bois vert (Codelco utilisait de l'eucalyptus) dont l'immersion provoque un dégagement brutal de CO et H_2 lors de sa combustion. Le bois peut être remplacé par des produits pétroliers ou divers autres réducteurs. Ce procédé est très minoritaire par rapport au raffinage électrolytique à anode soluble.

Hydrométallurgie : le traitement des minerais par ce procédé entraîne une pollution atmosphérique nettement plus faible que lors des opérations pyrométallurgiques, mais les métaux précieux restent dans la gangue et ne sont donc pas récupérés. Ce procédé concerne, principalement les minerais "oxydés" facilement solubles mais aussi, de plus en plus, les minerais sulfurés de faible teneur à l'aide de l'assistance de bactéries lors des opérations de lixiviation, appelées alors biolixiviation.

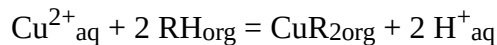
Historiquement, les premières opérations d'hydrométallurgie ont été effectuées, en 1670, lors du traitement du minerai de Rio Tinto, en Espagne. Après lixiviation, la solution contenant de 0,3 à 3,5 g/L de Cu était traitée par cémentation à l'aide de fer (1,4 à 2 kg de Fe/kg de Cu). Le ciment obtenu contenait de 85 à 90 % de cuivre. Depuis la fin du XX^{ème} siècle, cette technique est abandonnée et supplantée par l'extraction par solvant.

L'hydrométallurgie des minerais de cuivre comporte trois opérations successives (le procédé est dénommé SX/EW : extraction par solvant/électro-extraction) :

- Une dissolution des minerais par lixiviation généralement réalisée à l'aide d'acide sulfurique (1 à 15 g d'acide/L). Lorsque la gangue est basique (calcaire ou dolomitique), le coût de la lixiviation acide devient prohibitif, elle est remplacée par une lixiviation à l'aide d'une solution aqueuse d'ammoniac. La solution obtenue titre de 1 à 6 g de Cu par litre, concentration trop faible pour pouvoir subir une électrolyse, car sa faible conductivité entraînerait une résistance élevée au passage du courant électrique et une consommation d'énergie importante par effet Joule.

- Une extraction par solvant spécifique qui permet après déextraction à l'aide d'acide sulfurique (160 à 260 g d'acide/L) d'obtenir une solution contenant de 40 à 70 g de Cu^{2+} /L. Les solvants utilisés, quélates bidentates, sont des hydroxyphényloximes $((\text{C}_6\text{H}_3)\text{R}(\text{OH})\text{NOHA})$ avec R un radical C_9H_{19} ou $\text{C}_{12}\text{H}_{23}$ et A : H pour les aldoximes ou CH_3 ou C_6H_5 pour les kétoximes. Le solvant est dilué

dans du kérosène. L'équation de l'équilibre mis en jeu lors de l'extraction - déextraction est la suivante :

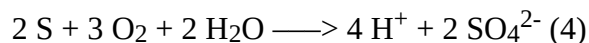
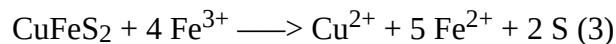
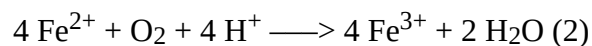
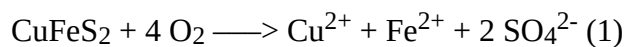


L'équilibre est déplacé vers la droite lors de l'extraction puis vers la gauche lors de la déextraction avec récupération et recyclage du solvant..

- Une électrolyse de la solution aqueuse contenant Cu^{2+} entre une anode insoluble en plomb (avec ajout de 6 % de Sb) de 100 kg qui a une durée de vie d'environ 4 ans et une cathode en cuivre sous forme d'une feuille de départ de 5 kg. La composition du bain d'électrolyse varie de 15 g $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{L}$ et 70 Cu^{2+}/L avant électrolyse jusqu'à 80 g $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{L}$, et 25 Cu^{2+}/L après électrolyse puis, la solution appauvrie en Cu^{2+} et enrichie en acide, est recyclée. La tension est comprise entre 2 et 2,5 V (dont tension thermodynamique : 0,89 V, surtension O_2 : 0,6 V, chute ohmique : 0,6 V) avec une densité de courant de 150 à 300 A/m^2 . La consommation électrique est importante (de 2000 à 2500 kWh/t de Cu) et l'acide sulfurique représente 16 % des coûts de production du procédé hydrométallurgique.

Les cathodes sur lesquelles se dépose le cuivre sont déchargées tous les 5 à 6 jours lorsqu'elles atteignent 60 kg. Elles titrent 99,8 % Cu et sont utilisées sans raffinage ultérieur pour des usages non électriques du cuivre (le plomb est dans ce cas une impureté gênante).

Biolixiviation : l'hydrométallurgie est également utilisée pour traiter des minerais sulfurés mais il faut, à la lixiviation classique associer une attaque bactériologique, appelée biolixiviation car les minerais sulfurés sont difficilement solubles. Les bactéries utilisées (thiobacillus ferrooxidans, thiobacillus thiooxidans, leptospirillum ferrooxidans) se développent naturellement dans les gisements sulfurés, le maximum de leur développement étant atteint pour des pH compris entre 1,8 et 2,8 et des températures comprises entre 30 et 35°C. Leur concentration naturelle dans les gisements varie de 10^6 à $10^{10}/\text{cm}^3$ en surface à $10^3/\text{cm}^3$ en profondeur. Par ailleurs, les solutions ne doivent pas être trop concentrées en cuivre, toxique pour ces bactéries si sa concentration dépasse 3 g/L. Elles tirent leur énergie de l'oxydation des formes réduites du soufre et de celle du fer (II) en fer (III). Ces bactéries catalysent l'oxydation, par le dioxygène de l'air, des ions sulfures et du soufre en ions sulfates et des ions Fe (II) en Fe (III) (réactions 1,2,4) :



La biolixiviation est employée pour traiter des minerais de faible teneur ou les stériles de traitements antérieurs. Elle peut être utilisée in situ mais est surtout employée pour traiter des minerais ou des stériles disposés en tas (concassés en grains de 6 à 10 mm puis agglomérés avec 3 à 7 kg d'acide sulfurique par tonne de minerai) sur des sols étanches. La solution lixiviante (pH de 1,5 à 2) enrichie d'éléments nutritifs pour les bactéries (azote...) percole à travers le minerai en s'enrichissant en cuivre (II). La biolixiviation en tas dure de 3 à 6 mois. Par exemple, à Bingham Canyon, aux Etats-Unis, un minerai de faible teneur (inférieure à 0,4 % de Cu) disposé en amas de plusieurs millions de t permet de récupérer ainsi jusqu'à 200 t/jour de cuivre. La biolixiviation de

minerais sulfurés de faible teneur a débuté en mai 2006 à la mine d'Escondida avec 180 000 t de Cu/an. Le minerai est disposé sur une aire de traitement de 5 km sur 2 km. Le taux de récupération du cuivre est d'au moins 36 %. Les réserves sont ainsi de 2,5 milliards de t de minerai sulfuré à 0,43 % de Cu.

Après dissolution du cuivre par biolixiviation, la solution obtenue subit la suite des opérations classiques d'hydrométallurgie (voir plus haut).

Production de cuivre par hydrométallurgie : en 2015, en milliers de t. Monde : 3 897, Union européenne (Espagne et Chypre) : 70.

| | | | |
|----------------|-------|---------|-----|
| Chili | 1 778 | Mexique | 158 |
| R. D. du Congo | 775 | Laos | 93 |
| Etats-Unis | 589 | Pérou | 73 |
| Zambie | 216 | Espagne | 68 |

Source : Cochilco

- Au Chili, en 2015, sur une production totale de 5 764 600 t, 1 778 400 t sont obtenues directement sous forme de cathodes par hydrométallurgie, 1 492 200 t sous forme de blister soit exportées soit raffinées sur place pour donner 910 000 t raffinées par anode soluble.

- Aux Etats-Unis, en 2015, sont en activité : 3 fonderies produisant du blister, 3 raffineries par anode soluble, 4 raffineries thermiques, 15 exploitations de lixiviation-extraction par solvant-électrolyse.

Après métallurgie, quel que soit le procédé utilisé, le cuivre se présente sous forme de cathodes.

PRODUCTIONS :

Blister : en 2015, en milliers de t. Monde : 15 041, Union européenne (Pologne, Allemagne, Bulgarie, Espagne...) : 2 214.

| | | | |
|--------------|-------|------------|-----|
| Chine | 3 610 | Zambie | 607 |
| Japon | 1 500 | Pologne | 576 |
| Chili | 1 496 | Etats-Unis | 527 |
| Russie | 850 | Allemagne | 463 |
| Inde | 709 | Australie | 442 |
| Corée du Sud | 630 | Kazakhstan | 384 |

Source : Cochilco

Cuivre raffiné : en 2015, en milliers de t. Monde : 23 081, Union européenne (Allemagne, Pologne, Espagne, Belgique...) : 2 742.

| | | | |
|------------|-------|----------------|-----|
| Chine | 7 964 | R. D. du Congo | 775 |
| Chili | 2 688 | Zambie | 710 |
| Japon | 1 483 | Allemagne | 678 |
| Etats-Unis | 1 141 | Corée du Sud | 604 |
| Russie | 874 | Pologne | 574 |
| Inde | 792 | Australie | 481 |

Source : Cochilco

En 2015, pour l'ensemble de la production de cuivre raffiné 83 % provient d'une production primaire et 17 % d'une production secondaire.

Principaux pays exportateurs de cuivre raffiné : en 2015, en milliers de t. Total : 8 549.

| | | | |
|-----------|-------|--------------|-----|
| Chili | 2 571 | Kazakhstan | 352 |
| Zambie | 762 | Inde | 341 |
| Russie | 548 | Pologne | 298 |
| Japon | 541 | Pérou | 286 |
| Australie | 448 | Corée du Sud | 282 |

Source : Cochilco

Principaux pays importateurs de cuivre raffiné : en 2015, en milliers de t. Total : 8 782.

| | | | |
|------------|-------|--------------|-----|
| Chine | 3 678 | Turquie | 386 |
| Allemagne | 685 | Corée du Sud | 383 |
| Etats-Unis | 664 | Malaisie | 353 |
| Italie | 622 | Thaïlande | 274 |
| Taiwan | 471 | France | 193 |

Source : Cochilco

Évolution historique de la production de cuivre (d'après Pour la Science n°228) :

Elle a débuté il y a 7 mille ans à partir de cuivre natif. A l'époque de l'empire romain la production atteignait 15 000 t/an (entre 250 avant J.C. et 350 après J.C., la production cumulée aurait été de 5 millions de t). En Europe, jusqu'au XVIII^{ème} siècle, on assiste à une stagnation de la production à des valeurs inférieures à 2 000 t/an. En Chine, sous la dynastie Sung (X - XII^{ème} siècle), la production était de 13 000 t/an. Ces pointes de production ont été retrouvées par analyse des glaces du Groenland. Dans l'Antiquité et au Moyen Age, la dissémination de cuivre dans l'atmosphère représentait 15 % de la production. Actuellement celle-ci n'est que de 0,25 %. Les quantités de cuivre déposées sur la calotte glaciaire du Groenland au cours des 2500 ans qui ont précédé la révolution industrielle sont 15 fois plus importantes que celles déposées entre le début de la révolution industrielle et nos jours.

Fin 1992, on a assisté à la fermeture, sûrement du plus vieux lieu de travail industriel, au monde : la mine de Falun, en Suède, en activité depuis plus de 1000 ans. Au XVI-XVII^{ème} siècle, elle produisait les 2/3 du cuivre mondial et a fait la richesse de la Suède. Au total ont été extraites de cette mine 500 000 t de Zn, 400 000 t de Cu, 160 000 t de Pb, 380 t de Ag, 5 t de Au.

RECYCLAGE :

Lors de son utilisation, une grande partie du cuivre ne se dégrade pas et peut donc être recyclé. On estime que 85 % du cuivre en circulation est récupérable et que sa durée moyenne d'utilisation est de 30 ans (de quelques années dans les applications en électronique jusqu'à plus de 100 ans dans la construction). Le cuivre recyclé est soit raffiné, de façon identique au blister, soit réutilisé directement (dans le cas des câbles électriques, de certains alliages ou des chutes neuves de fabrication).

On estime que 80 % du cuivre extrait depuis la préhistoire est toujours en circulation. En 2014, le stock total de cuivre en cours d'utilisation est de 386,7 millions de t soit les 2/3 des 550 millions de t de cuivre produit depuis 1900. Ce cuivre en cours de circulation est présent à 70 % dans des applications électriques, immobilisées à 55 % dans la construction, 15 % dans des infrastructures, 10 % dans l'industrie, 10 % dans les transports, 10 % dans les équipements.

En 2014, sur une consommation mondiale de 28,966 millions de t de cuivre, 6,17 millions de t proviennent de cuivre recyclé après simple fusion et 3,9 millions de t de déchets de cuivre ayant subi un raffinage, soit 34,8 % de la consommation.

En 2014, la part du recyclage est de 45 % en Europe, 34 % en Asie, 31 % en Amérique du Nord et 20 % dans le reste du monde. En ce qui concerne le cuivre raffiné, la part des déchets recyclés est de 15 %.

On estime que le stock de cuivre présent dans les véhicules automobiles est d'environ 3 millions de t en Europe et aux Etats-Unis, avec le recyclage de 200 000 à 250 000 t de cuivre par an dans chacune des entités géographiques.

- Aux Etats-Unis, en 2015, 670 000 t ont été recyclées à partir de chutes de fabrication, 160 000 t à partir de matériaux usagés. Au total, dans ce pays, le recyclage couvre 32 % de la consommation.

SITUATION FRANÇAISE : en 2015.

- Importations de cuivre raffiné sous forme de cathodes : 149 056 t du Chili à 71 %, d'Allemagne à 19 %.

- Importations de sulfate de cuivre : 6 935 t d'Ouzbékistan à 28 %, de Pologne à 16 %, de Russie à 10 %, d'Italie à 9 %.

- Exportations de cuivre raffiné sous forme de cathodes : 2 451 t, vers l'Espagne à 58 %, l'Allemagne à 24 %, l'Italie à 18 %.

- Exportations de sulfate de cuivre : 1 486 t vers l'Égypte pour 34 %, l'Allemagne pour 14 %, l'Espagne pour 10 %.

- Consommation de cuivre raffiné : 182 300 t.

La France est absente d'une grande partie du cycle du cuivre, en particulier de la métallurgie et du raffinage, contrairement à l'Allemagne et la Belgique. Par contre, elle possède une importante industrie de première transformation.

L'industrie française de première transformation de cuivre :

- Fabrication de fils et câbles : elle est réalisée par tréfilage lui-même alimenté par "fil machine". Le "fil machine" est réalisé par coulée continue puis laminage à chaud. Il se présente sous forme de bobines pesant jusqu'à 7 t (fils de diamètre, en général, 8 mm et jusqu'à 20 mm).

Principal producteur : [Nexans](#), société française, parmi les deux premiers mondiaux pour les câbles de télécommunications et d'énergie.

Produit des câbles en cuivre ou en [aluminium](#) mais aussi des fibres optiques. Les câbles sont utilisés pour transporter de l'électricité, des communications, des données informatiques...

Consommation, en 2015, dans le monde de 445 000 t de cuivre et 113 000 t d'aluminium.

En France, une usine de fabrication de "fil machine".

- Société Lensoise de Cuivre (SLC), production : 180 000 t/an.

Une usine de recyclage de cuivre et d'aluminium à Noyelles Godault (62) avec 36 % de la société [Recycâbles](#), en association avec [Sita](#), filiale du groupe Suez Environnement, production 20 000 t/an. Par ailleurs, Next Metal, filiale de Sita, recycle des câbles et des métaux non ferreux à Isigny-le-Buat (50).

Autres producteurs en France :

[Prysmian France](#), filiale du groupe italien Prysmian (ex Pirelli depuis 2005). Usines à Paron (89) : 25 000 t/an de câbles, Charvieu (38) : 34 000 t/an de câbles, Chavanoz (38), Amfreville (76), Angy (60), La Bresse (88).

[General Cable](#), avec une usine à Montereau (77), production de 70 000 t/an de câbles (en tous matériaux).

Alsafil, à Sélestat (67), filiale de [Lebronze Alloys](#), produit du fil machine et des fils de divers alliages de cuivre.

- Fabrication de demi-produits (barres, fils, profilés, tubes, laminés) directement ou après élaboration d'alliages par fonderie.

Principal producteurs : [KME Group](#), société italienne, 1^{er} producteur mondial de demi-produits en cuivre et alliages, avec 392 000 t/an.

Usines de production en France (Tréfimétaux jusqu'en 2007) : Boisthorel (61), Givet (08), Niederbrück (68).

Autres producteurs en France : [Gindre Duchavany](#) (filiale du groupe autrichien Umcor Holding), usine à Pont-de-Cheruy (38), Le Bronze Industriel, filiale de [Lebronze Alloys](#), à Suippes (51), Taverny (95), Forges de Trie-Château (60)...

UTILISATIONS :

Consommations mondiales : en 2015, en milliers de t de cuivre raffiné, hors recyclage par simple fusion. Monde : 22 620, Union européenne : 3 287.

| | | | |
|--------------|--------|---------|-----|
| Chine | 11 353 | Inde | 491 |
| Etats-Unis | 1 789 | Turquie | 475 |
| Allemagne | 1 219 | Taïwan | 471 |
| Japon | 998 | Brésil | 434 |
| Corée du Sud | 705 | Mexique | 345 |
| Italie | 611 | Espagne | 334 |

Source : Cochilco

En prenant en compte le cuivre recyclé par simple fusion, la consommation mondiale est, en 2014, de 28,966 millions de t.

Formes d'utilisations : aux Etats-Unis, en 2014.

| | | | |
|-----------------------|--------|------------------------|-------|
| Câbles et fils isolés | 52,7 % | Câbles et fils dénudés | 2,9 % |
| Feuilles | 16,2 % | Alliages de fonderie | 2,7 % |
| Tiges | 13,7 % | Poudres | 0,7 % |
| Tubes | 11,1 % | | |

Source : Copper Development Association

Secteurs d'utilisations : dans le monde, en 2015.

| | | | |
|-----------------|------|------------|------|
| Équipements | 31 % | Industries | 12 % |
| Constructions | 30 % | Transports | 12 % |
| Infrastructures | 15 % | | |

Source : ICSG

Parmi les équipements, en 2014, les produits de consommation représentent 2,545 millions de t de cuivre, ceux destinés au froid (réfrigérateurs, climatisation), 2,145 millions de t.

Dans la construction, l'électricité représente 6,042 millions de t de cuivre, la plomberie, 1,612 million de t, l'air conditionné, 180 000 t.

Dans les infrastructures, le transport de l'électricité représente 3,245 millions de t de cuivre, les télécommunications, 2,02 millions de t.

Les industries électriques ont consommé 1,741 million de t de cuivre, les autres, 2,02 millions de t.

Dans les transports, les équipements électriques des automobiles ont représenté 2,017 millions de t de cuivre, les équipements non électriques des automobiles, 242 000 t, les autres types de transports, 1,35 million de t.

Utilisations particulières :

- On estime, en Europe, que 8 millions de km de câbles de cuivre assurent le transport de courant électrique.

- Résistant à la corrosion marine, il est utilisé pour des pompes et canalisations d'eau de mer.

- Le transport de l'eau potable dans des canalisations en cuivre permet d'éviter le développement de bactéries telles que, par exemple, celles du genre légionella.

- Fongicide : utilisé sous forme de chlorure ou de sulfate, par exemple dans la bouillie bordelaise qui contient, en présence de chaux, 20 % de sulfate de cuivre, afin de lutter en viticulture ou arboriculture, en particulier contre le mildiou.

- Pigment pour céramiques et [verres](#).

- Le corps humain adulte contient 100 mg de cuivre. L'apport journalier recommandé par l'OMS est de 2 mg/jour avec une limite supérieure de 12 mg/jour qui ne doit pas être dépassée. Les principaux aliments riches en cuivre sont le foie de bœuf (39 mg/kg), le chocolat (36 mg/kg), les huîtres et légumes secs (9 mg/kg).

- Couvertures et évacuation des eaux pluviales dans le bâtiment : utilisation relativement faible en France (5 000 t/an), plus importante en Allemagne (70 000 t/an) et Italie (60 000 t/an). En France, les couvertures de l'église de la Madeleine et de la Bourse, datant de Napoléon 1^{er}, sont en cuivre. Le panthéon de Rome, au 2^{ème} siècle après J-C, était recouvert de cuivre. Dans cette application, outre l'aspect esthétique et la résistance à la corrosion, l'avantage du cuivre réside dans son faible coefficient de dilatation : 1,68 mm/m pour 100°C.

- L'[or](#) de bijouterie (750/1000) contient 15 % de Cu.

- Automobile : un véhicule de gamme moyenne contient 2 km de câbles en cuivre ou en alliage de cuivre soit une masse d'environ 22,5 kg qui peut atteindre 45 kg pour les véhicules hybrides.

- Les pièces de 1, 2 et 5 centimes d'euro, sont en acier recouvert par un mince dépôt électrolytique de cuivre. Les pièces de 10, 20 et 50 centimes d'euro sont en "nordic gold" c'est-à-dire en alliage

contenant, en masse, 89 % de Cu, 5 % de Al, 5 % de Zn et 1 % de Sn. Les parties jaunes des pièces de 1 et 2 euros sont constituées d'un alliage (maillechort) contenant 75 % de Cu, 20 % de Zn et 5 % de Ni. Les parties blanches de ces pièces sont formées par un cœur de nickel pur inséré entre 2 couches d'un cupronickel constitué de 75 % de Cu et 25 % de Ni. Lors de la fabrication des premières pièces en euro, la consommation de cuivre a été de 180 000 t sur 2 ans, soit 2 % de la consommation européenne de cuivre pour produire 60 milliards de pièces.

Aux Etats-Unis, les pièces de 1 cent sont en zinc recouvert d'un dépôt de cuivre, soit 2,5 % du poids de la pièce, les pièces de 5 cents renferment 75 % de cuivre.

- Le cuivre est concurrencé par les fibres optiques dans les réseaux de télécommunications.
- En 1997, début de l'utilisation, par IBM, de l'utilisation du cuivre, en remplacement de l'aluminium, pour le transport des électrons dans les puces en microélectronique. La mise au point d'une couche barrière entre le [silicium](#) et le cuivre a permis d'éviter la diffusion de ce dernier dans le substrat de silicium.