

CUIVRE 1992

MATIÈRES PREMIÈRES : teneur moyenne de l'écorce terrestre : 5 ppm.

Minerais : très divers, 165 variétés. Teneurs : entre 0,7 et 2 %, exceptionnellement jusqu'à 8 % par exemple pour la mine de Neves Corvo (Portugal).

- Sulfurés : 80 % de la production mondiale : chalcopirite (CuFeS_2), chalcosine (Cu_2S).

- Oxydés (carbonates) : malachite ($\text{CuCO}_3, \text{Cu}(\text{OH})_2$), azurite ($2\text{CuCO}_3, \text{Cu}(\text{OH})_2$).

De nombreux métaux sont souvent associés à Cu : Fe, Ni, Zn, Pb, Co, Mo, Ge, Au, Ag.

Exploitations minières :

- Souterraines : la plus importante, El Teniente, société Codelco (Chili) : 1 700 km de galeries, teneur moyenne : 1,6 %. Production : 296 000 t de Cu/an, 3 500 t de molybdène, effectif : 9 000 personnes.

- A ciel ouvert : la plus importante : Chuquicamata, Codelco (Chili), à 2 870 m d'altitude, 70 millions de t de réserves. Production : 680 000 t de Cu/an.

Ouverture, en 1991, de la mine de La Escondida (Chili), 2ème mine du monde, située à 3000 m d'altitude dans le désert d'Atacama. Production : 320 000 t/an, teneur moyenne : 1,6 %, réserves 1,8 milliard de t. Exploitée par Broken Hill Proprietary (57,5 %), Rio Tinto Zinc (30 %), Mitsubishi (10 %).

Début de l'exploitation en 1990 de la mine de Neves Corvo (Portugal), production, en 1992, de 150 500 t de Cu contenu soit, 94 % de la production de l'Union européenne. Fermeture, fin 1992, 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-XVIIème siècle, elle produisait les 2/3 du Cu mondial et a fait la richesse de la Suède. Au total extraction de : 500 000 t de Zn, 400 000 t de Cu, 160 000 t de Pb, 380 t de Ag, 5 t de Au.

Minéralurgie : concerne les minerais sulfurés. Broyage des minerais (grains < 0,5 mm) et concentration par flottation. Obtention de concentrés contenant de 20 à 50 % de Cu.

Productions : en 1992, en milliers de t de Cu contenu récupérable. Monde : 9 255, Union européenne (Portugal) : 160.

Chili	1 933	Australie	378
États-Unis	1 760	Pérou	369
ex URSS	800	Pologne	332
Canada	764	Chine	309

Zambie	433	Indonésie	292
--------	-----	-----------	-----

- Ces dernières années, chute régulière de la production zairoise : 505 800 t en 1988, 454 600 t en 1989, 356 200 t en 1990, 235 000 t en 1991, 144 000 t en 1992.

Producteurs : n°1 mondial, Codelco, société d'état chilienne, 19 000 salariés. En 1993, dans 4 mines, extraction de 11 % de la production mondiale.

Marché international : il est important car les pays producteurs et consommateurs (sauf les États-Unis et l'ex URSS) sont distincts. Plutôt que sur le minerai, le commerce international porte sur le blister et surtout sur le cuivre raffiné.

Principaux pays exportateurs : en 1992, en t.

Pays exportateurs	Productions minières	Exportations de cuivre		Consommations
		non raffiné	raffiné	
Chili	1 932 700	127 000	1 178 000	66 700
Zambie	432 600	0	411 900	16 000
Zaïre	144 400	109 500 (1991)	118 700 (1991)	1 500
Canada	746 300	-	385 800	175 800

Situation française : production négligeable de minerai (100 t, en 1992, à Salsigne (11), Cu étant sous-produit d'une mine d'or) et industrie métallurgique très peu développée.

Réserves françaises (très faibles) : Salsigne (15 000 t), Chessy (Rhône, 150 000 t), Rouez (Sarthe, 200 000 t).

MÉTALLURGIE : selon 2 voies :

- **Pyrométallurgie** : pour les minerais sulfurés, 80 % de la production, nécessite un raffinage ultérieur.

- **Hydrométallurgie** : pour les minerais oxydés, 20 % de la production, concerne les minerais pauvres, ne nécessite pas de raffinage ultérieur.

Pyrométallurgie : 3 étapes suivies d'un raffinage.

- Grillage partiel des concentrés vers 550-650°C : l'oxydation partielle des sulfures de fer donne un "mixte" composé de sulfures de Cu et Fe et d'oxyde de fer. As et Sb sont éliminés sous forme de composés volatils.

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

L'oxyde de Cu formé réagit avec le sulfure de Fe restant selon la réaction :



FeO passe dans les scories qui surnagent sur une matte fondue (formée de Cu₂S et FeS restant) sous forme de silicates. La plus grande partie du Fe est éliminée ainsi qu'une partie du Pb. La fusion a lieu dans des fours réverbères, électriques ou flash-smelting afin de limiter la pollution par les fumées riches en SO₂.

- Conversion : poursuite de l'oxydation de la matte liquide par de l'air ou de l'oxygène vers 1300°C, en 2 étapes dans des convertisseurs de type Pierce-Smith ou Hoboken (durée 4 heures).

- 1^{ère} phase : soufflage scorifiant : élimination totale du fer et des autres métaux plus oxydables que Cu qui passent dans des scories. Il reste Cu₂S (matte blanche).

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



On obtient du Cu noir (blister) à 98-99,5 % de Cu. Il reste un peu de Cu₂O.

Raffinage du blister : par électrolyse à anode soluble.

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

Les cathodes sont formées de feuilles de départ minces de Cu raffiné (8 kg).

L'électrolyse, à 65°C, dure de 21 à 28 jours et chaque anode soluble donne deux cathodes de teneur minimale : 99,9 % de Cu.

- Tension : de 0,25 à 0,4 V, consommation électrique : 250 kWh/t Cu.

- Composition du bain d'électrolyse : 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 Cu, et devront être éliminées ultérieurement. La purification de 100 t de Cu 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.

- En France, une seule usine de raffinage : Compagnie Générale d'Électrolyse du Palais (87, contrôlée à 55 % par Pechiney), production de 59 000 t en 1993. Traite du Cu recyclé et du blister importé.

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.

- Dissolution des minerais par lixiviation ou biolixiviation (à l'aide de thiobacillus ferroxidans) sulfurique ou ammoniacale. La lixiviation en tas est utilisée pour traiter

les minerais de faible teneur (0,2 %) ou les résidus de concentration. Les solutions après lixiviation contiennent de 0,5 à 2 g Cu/l. A Bingham (États-Unis) 200 t/jour de Cu sont ainsi récupérées.

- Purification par précipitation des hydroxydes de fer.
- Électrolyse de la solution contenant Cu^{2+} :
- Anode insoluble en Pb (+ 6 % Sb) : 100 kg, durée de vie 4 ans.
- Cathode en Cu : feuille de départ de 5 kg.
- Consommation électrique importante : 2500 kWh/t de Cu.
- Composition du bain d'électrolyse : 15 g H_2SO_4 /l, de 70 à 25 g Cu^{2+} /l.

Les cathodes sur lesquelles se dépose Cu 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 de Cu (Pb est une impureté gênante). Après métallurgie, quel que soit le procédé utilisé, Cu se présente sous forme de cathodes.

PRODUCTIONS :

Blister : en 1992, en milliers de t. Monde : 9 835, Union européenne : 505.

États-Unis	1 742	Zambie	484
Chili	1 326	Chine	419
Japon	1 175	Pologne	401
ex URSS	860	Pérou	327
Canada	550	Allemagne	234

Cuivre raffiné : en 1992, en milliers de t. Monde : 11 095, Union européenne : 1 242.

États-Unis	2 154	Allemagne	581
Chili	1 242	Canada	539
Japon	1 161	Zambie	472
ex URSS	1 080	Pologne	387
Chine	622	Belgique	306

Producteurs (principaux) :

Mondiaux : Codelco (Chili), Phelps Dogde Corp, Asarco Incorporated, Magma Copper, Kennecott, Cyprus (États-Unis), Canadian Copper, Inco, Falconbridge, Noranda (Canada)...

- En 1993, les 2 principales usines métallurgiques de Russie ont été fermées pour cause de vétusté et de dommages causés à l'environnement.

Européens : n°1 Union Minière.

Union Minière : groupe belge produisant de nombreux métaux non ferreux (voir le chapitre zinc). La production de cuivre est réalisée dans les usines belges de :

- Hoboken : produit du Cu blister et effectue des opérations complexes de métallurgie en extrayant et séparant plus de 20 métaux différents.

- Olen : raffine du blister importé et le blister produit à Hoboken (la 2ème, en importance unité de raffinage de Cu par électrolyse en Europe, la 6ème du monde occidental). D'autre part, dans cette usine sont transformés, par pyrolyse et extraction par solvants, les matières cobaltifères secondaires ainsi que le cobalt métal provenant du Zaïre et extrait le germanium (65 t/an de capacité) de sous-produits d'électrolyse de l'Union Zinc Inc, ancienne filiale d'Union Minière aux États-Unis, vendue, en 1994, au groupe australien Savage.

Les capacités annuelles de production de ces 2 usines sont les suivantes :

Cu raffiné	330 000 t	Ag	2 400 t	In	30 t
Cu transformé	350 000 t	Se	380 t	Pd	18 t
Pb	125 000 t	Te	156 t	Pt	5 t
Co	5 600 t	Au	50 t	Rh	1,5 t

Union Minière possède une participation (21,2 %) dans la mine de cuivre de Cananea au Mexique, production de 80 000 t de Cu en 1993.

En 1993, les productions de cuivre raffiné ont été de 274 000 t, de plomb de 86 500 t et de 20 500 t de platine, paladium et rhodium.

- Autres producteurs européens : Norddeutsche Affinerie (Metallgesellschaft, Allemagne - MIM, Australie), Rio Tinto Minera (Espagne), Boliden (Suède), Outokumpu Oy (Finlande).

RECYCLAGE : lors de son utilisation, une grande partie du cuivre ne se dégrade pas et peut donc être recyclé. On estime que 75 % du Cu en circulation est récupérable et que sa durée moyenne d'utilisation est de 20 ans. Le Cu recyclé est soit raffiné, de façon identique au blister, soit réutilisé directement (dans le cas des câbles électriques ou des alliages). La part du Cu recyclé dans la consommation du monde occidental est de 35 à 40 %. En 1992, en France : production de déchets : 233 400 t, solde des importations-exportations : - 66 100 t, utilisations directes : 110 100 t, après traitement : 57 200 t.

SITUATION FRANÇAISE : en 1992, en milliers de t, y compris l'industrie de 1ère transformation.

- Chiffre d'affaires : 8 350 millions de F (dont 44 % à l'exportation).

- Effectifs : 5 700 personnes, dans 30 entreprises.

Production de blister : 6 à Poissy (78) à partir de déchets.

- Importations : 16 (ex-URSS: 29 %, Namibie: 23 %, Afrique du Sud: 21 %)

- Exportations : 5 (vers la Belgique).

Production de Cu raffiné : 57 au Palais (87) principalement à partir de déchets.

- Importations : 445 (Chili : 33 %, Belgique : 26 %, Zambie : 11 %).

- Exportations : 15 (Allemagne : 49 %, Espagne : 29 %, Italie : 18 %).

La France est pratiquement absente d'une grande partie du cycle du Cu, 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 Cu : en 1992.

- Fabrication de "fil machine" (ébauche pour fils et câbles) par coulée continue puis laminage à chaud : donne des bobines pesant jusqu'à 7 t (fils de diamètre, en général, 8 mm et jusqu'à 20 mm).

- Production : 363 170 t.

- Importations : 98 300 t.

- Exportations : 159 700 t.

- Producteur : Alcatel Câble (secteur câble d'Alcatel Alsthom), en 1993.

- Chiffre d'affaires : 33,3 milliards de F (63 % à l'étranger). N°1 mondial pour les câbles de télécommunications (18 % du marché mondial) et d'énergie.

- Effectifs : 26 450 personnes, à 31 % en France.

- Produit des câbles en cuivre ou en aluminium (livraison, en 1992, à la Turquie, d'un câble aérien Al-acier, de 4 850 km) mais aussi des fibres optiques, des câbles sous-marins...

- Deux usines en France de fabrication de "fil machine" :

- Société de Coulée Continue du Cuivre (S3C) en association avec la Zambie à Chauny (02), production : 150 000 t/an.

- Laminoirs-Tréfileries-Câbleries de Lens (LTC) en association avec le Chili, production : 120 000 t/an.

- Tréfilage alimenté en fil machine pour produire fils et câbles. Diverses sociétés dont :

- Alcatel Câble à Chauny (02) (60 000 t/an).

- Câbles Pirelli : chiffre d'affaires en 1991 : monde, 18,5 milliards de F; France, 4,5 milliards de F, 19 600 personnes (4 200 en France), 14 sites industriels en France.

- Autres producteurs français : Silec, Câbleries de Crosne...

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

- Tréfimétaux, 1er transformateur français du cuivre et de ses alliages, 1/3 du marché.

Filiale du groupe italien Europa Metalli - LMI (détenu à 44 % par SMI (Italie) et à 16,5 % par Pechiney (France)). En 1991 :

- Chiffre d'affaires : 3,2 milliards de F (57 % à l'exportation).
- Effectifs : 2 337 personnes.
- Productions : 200 000 t/an.

Barres, fils	85 000 t	Tubes	40 000 t
Laminés	55 000 t	Étirés cuivre	20 000 t

- Usines : Boisthorel (61), Sérifontaine (60), Givet (08), Niederbrück (68), Pont de Chéruy (38).

Le groupe Europa Metalli - LMI emploie 11 400 personnes et fabrique près de 800 000 t de demi-produits en cuivre. Il est n°1 européen (30 % du marché européen) dans la fabrication de demi-produits de cuivre devant Outokumpu (Finlande, 15 % du marché) et Wieland Werke (Allemagne, 10 % du marché).

- Autres producteurs français : Desnoyers-Degond-Gindre (CA : 1 milliard de F, 600 personnes), Griset (CA : 250 millions de F, 250 personnes)...

UTILISATIONS :

Consommations mondiales : en 1992, en 103 t. Monde : 11 191, Union européenne : 2 956.

États-Unis	2 321	Italie	502
Japon	1 416	France	488
Allemagne	1 046	Taiïwan	416
Chine	870	Belgique	372
ex URSS	840	Corée du Sud	353

Formes d'utilisations : en France, en 1986 : à 75 % sous forme de Cu non ou peu allié.

Fils et câbles	55 %	Laminés	5 %
Laitons	17 %	Pièces moulées	4 %
Tubes	11 %	Sulfate de cuivre	1 %
Barres et profilés	5 %		

Secteurs d'utilisations : en France, en 1991 et () dans le monde, en 1993.

Électriques	42 % (47 %)	Mécanique	15 % (13 %)
Bâtiment	30 % (22 %)	Transport	11 % (9 %)

Utilisations particulières :

- Résistant à la corrosion marine, il est utilisé pour des pompes et canalisations d'eau de mer.
- Fongicide : utilisé sous forme de sulfate. Consommation française (1992) : 5 200 t.
- Pigment pour céramiques et verres.
- Additif à l'alimentation des porcs : sous forme de sulfate.
- Couvertures dans le bâtiment : utilisation relativement faible en France (2 500 t/an), en Allemagne (55 000 t/an).
- L'or de bijouterie (18 carats) contient 15 % de Cu.
- Automobile : 8 kg de câbles de Cu dans une R 25 haut de gamme, 23 kg dans un voiture américaine.
- Les pièces françaises jaunes ou la partie jaune des pièces de 10 F et 20 F utilisent un alliage à 92 % de Cu, 6 % de Al et 2 % de Ni.
- Après avoir supplanté l'aluminium pour le transport haute et moyenne tension de l'électricité, le cuivre est, à son tour, concurrencé par les fibres optiques dans les réseaux de télécommunications.