

UNIVERSITE ABOUBEKR BELKAID

FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIEUR

DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL

**SCIENCE DES MATERIAUX
DE CONSTRUCTION**

Responsable: Dr. GHOMARI Fouad

ELABORATION.

A la surface du globe, les minerais de cuivre se présentent généralement sous 2 formes :

- Les minerais sulfurés,
- Les minerais oxydés.

Cette différenciation définit le processus à suivre pour l'obtention du cuivre pur : hydrométallurgie pour les minerais oxydés, pyrométallurgie pour les minerais sulfurés.

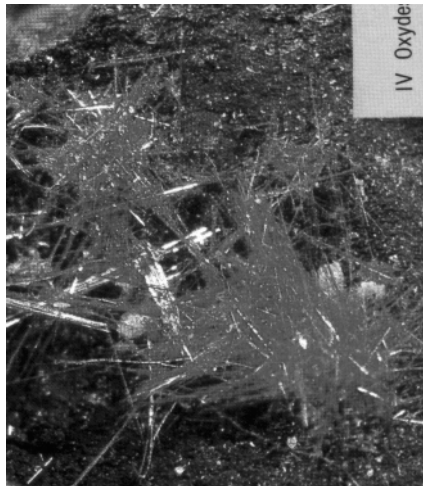
Principaux oxydes.

moins communs, exploités surtout aux E.U., Chili, Zimbabwe et Extrême-Orient. Les minerais oxydés sont des carbonates complexes ayant subi une oxydation par l'eau et l'air au cours des âges.

On rencontre les principales formes suivantes :

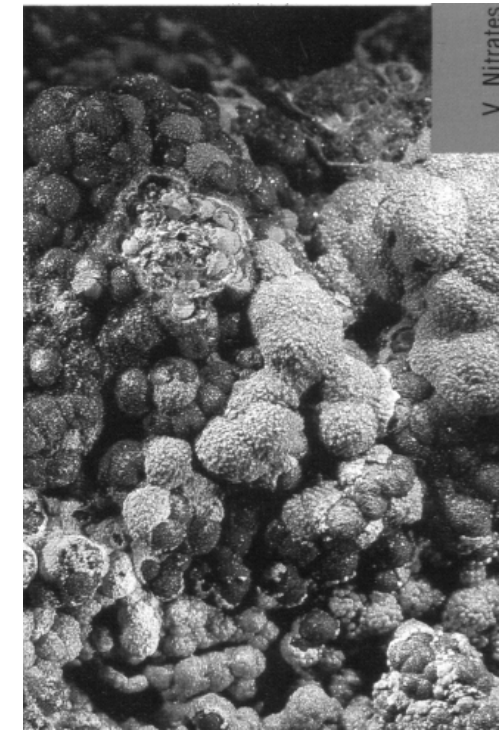
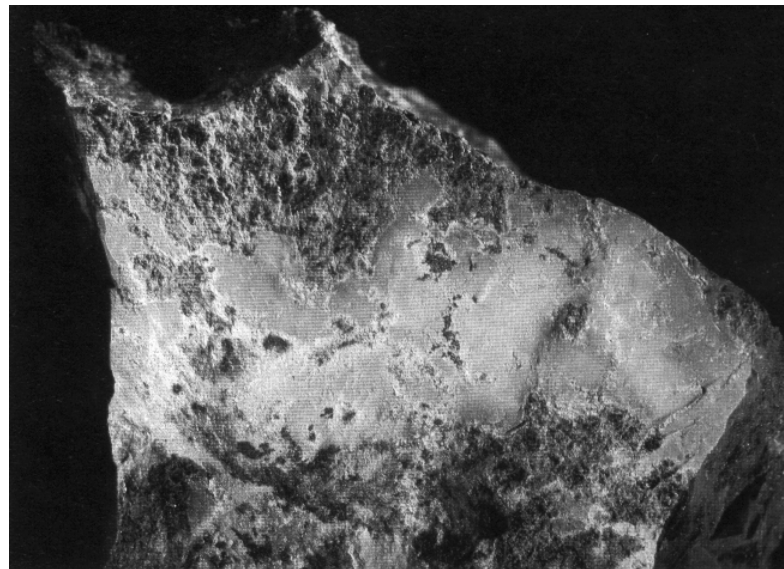
- malachite $\text{Cu}_2\text{CO}_3 (\text{OH})_2$,
- azurite $\text{Cu}_3 (\text{CO}_3)_2 (\text{OH})_2$,
- cuprite Cu_2O (rouge),
- mélaconite CuO (noir),
- diophtase $\text{CuO}_3 \text{H}_2\text{O}$

dont les teneurs sont d'environ 1 à 2 %.



Cuprite

chrysocolle (silicate hydratée)



malachite et azurite
(carbonate),

Minerais sulfurés.

Les minerais sulfurés ont une origine géologique profonde et proviennent de la cristallisation à l'abri de l'air de composés sulfurés de cuivre et d'autres métaux. Ils sont souvent appelés minerais primaires. Les minerais sulfurés sont les plus répandus et représentent plus de 80 % de la production mondiale.

Ces minerais sont très nombreux.

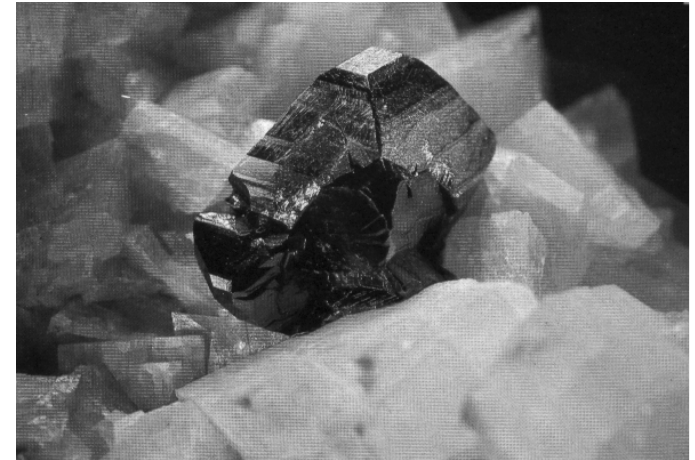
Ils sont répandus surtout aux E.U., Japon, U.R.S.S. et de façon plus limitée en Allemagne et en Espagne.

Les espèces minéralogiques les plus courantes sont :

- la chalcopyrite CuFeS_2 ,
- la chalcosine Cu_2S ,
- la covelline CuS ,
- la bornite Cu_5FeS_4 ,
- l'énargite Cu_3AsS_4 .

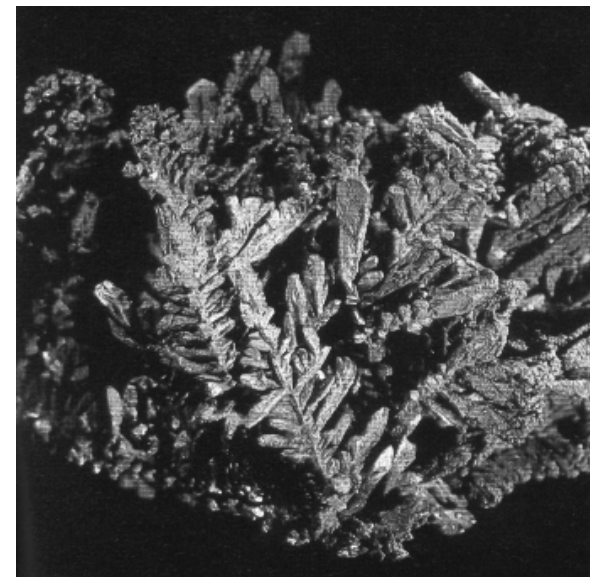
Ces différents minerais se trouvent assez souvent mélangés et leurs teneurs moyennes en cuivre varient généralement de 0,7 à 2%.

Le plus important, la chalcoppyrite
($\text{Cu}_2\text{S}, \text{Fe}_2\text{S}_3$) titre souvent 4%.



Minerai natif.

dont les principaux gisements répartis
aux E.U. renferme 1% de cuivre pur.



Suivant la nature et la richesse des minerais, les traitements d'enrichissement et d'extraction sont différentes :

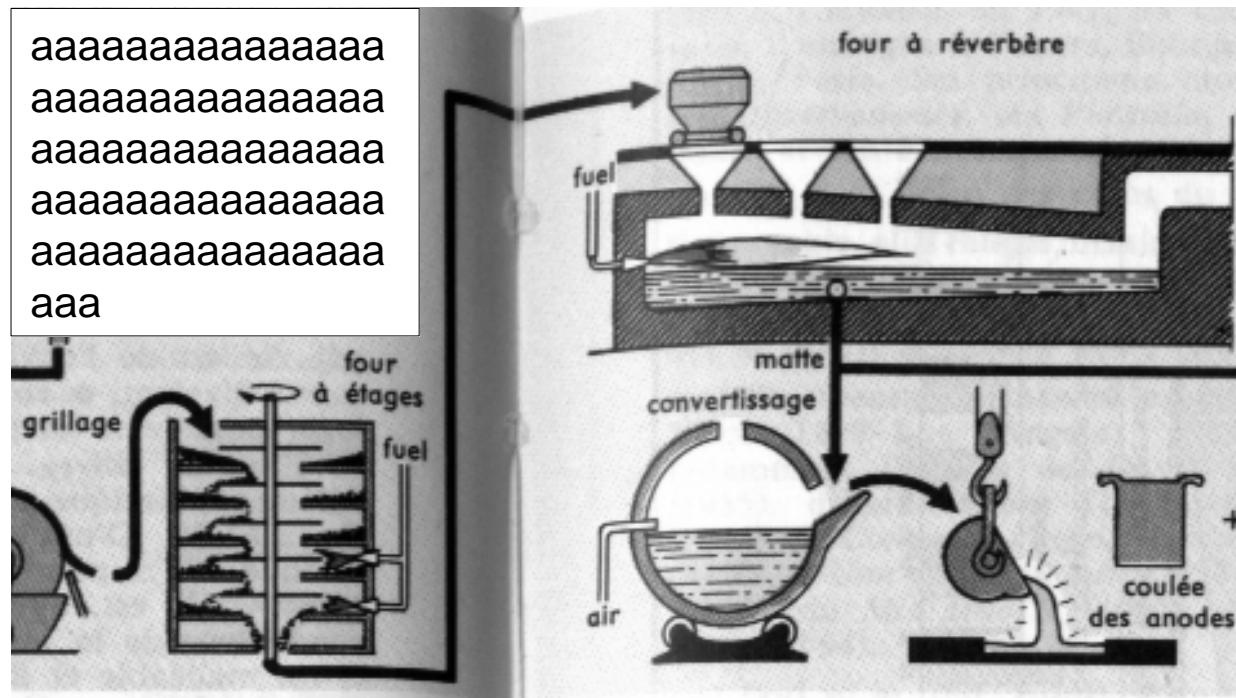
Traitement des minerais oxydés.

La méthode par voie sèche se pratique au water-jacket, par réduction en présence de carbone du minerai fondu. L'addition de fondant (alumine ou chaux) permet d'éliminer la gangue du minerai sous forme de scories.

Traitement des minerais sulfurés.

La méthode consiste à séparer le fer du cuivre par voie sèche, en utilisant d'une part la grande affinité du cuivre pour le soufre, d'autre part celle du fer pour l'oxygène.

Après un grillage oxydant partiel transformant une partie du sulfure de fer en oxyde, une fusion scorifiante au four à réverbère ou au water-jacket, en présence de silice, donne une motte dont on sépare le sulfure de fer dans un convertisseur à revêtement basique, pour obtenir le cuivre brut qui titre à 99%.



aaaaaaaaaaaaaaaa
aaaaaaaaaaaaaaaa
aaaaaaaaaaaaaaaa
aaaaaaaaaaaaaaaa
aaaaaaaaaaaaaaaa
aaa

Le fer oxydé se combine avec la silice pour produire un laitier de silicate de fer tandis que le sulfure s'oxyde pour produire de l'anhydride sulfureux gazeux.

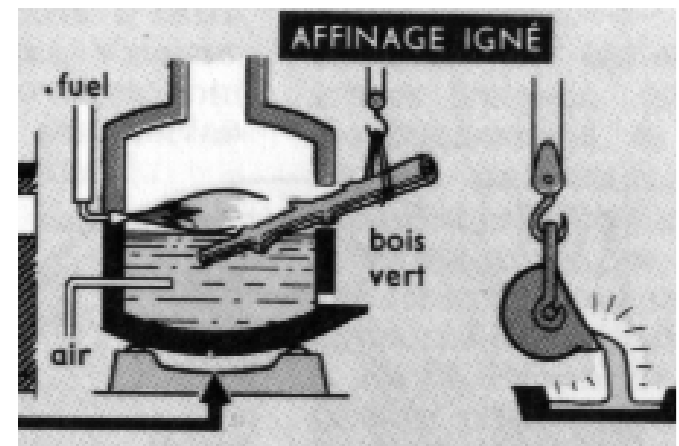
Un traitement des minerais sulfurés pauvres (< 3% de cuivre) utilise la méthode humide (lixiviation), en précipitant le cuivre par le fer dans une solution de chlorure ou de sulfate de cuivre.

Affinage du cuivre brut.

Cet affinage présente le double avantage :

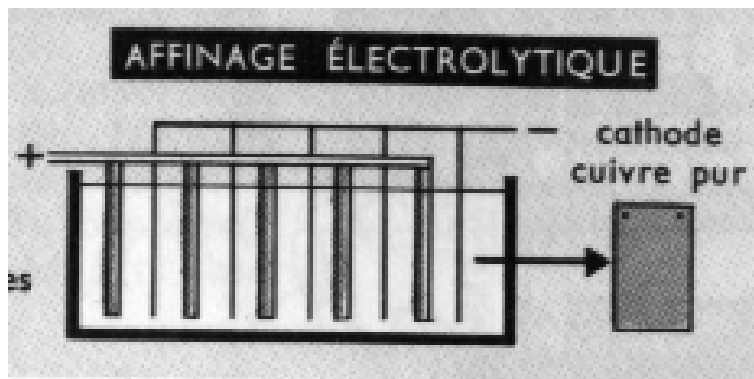
- obtenir du cuivre pur,
- récupérer des impuretés de grande intérêt : or, argent, bismuth, etc. Il existe deux procédés d'affinage :

1. L'affinage thermique : qui consiste à refondre le cuivre brut en l'oxydant pour éliminer les impuretés sous forme d'oxyde qui se volatilisent. Au cours de ce traitement, le cuivre se charge de 0,6 à 0,9% d'oxygène dont il faut éliminer l'essentiel par une opération de perchage, qui consiste à introduire des troncs de bois vert dans le bain de cuivre.



On obtient alors un cuivre de qualité thermique titrant à 99.5%, qui contient encore de 0,02 à 0,04 % d'oxygène et un peu d'hydrogène, et qui, de ce fait, n'a que peu d'applications dans l'industrie.

2. L'affinage électrolytique : permet d'obtenir du cuivre d'une pureté supérieure à 99,95%. Le cuivre brut, coulé en anodes sous forme de plaques est électrolysé dans une solution de sulfate de cuivre acide. Le cuivre pur se dépose sur des cathodes qui sont refondues ultérieurement en lingots.



PROPRIETES.

Chimiques.

Le cuivre ne s'altère pas à l'air sec. A l'air humide, grâce à la présence de l'oxyde de carbone, il se recouvre d'une couche superficielle de carbonate basique hydratée (vert de gris).

Les acides n'altèrent le cuivre qu'à chaud à l'exception de l'acide nitrique. En revanche, l'affinité du cuivre pour le soufre est remarquable. Il est toxique à des niveaux élevés d'absorption.

Physiques et mécaniques.

Le cuivre est de couleur brun-rouge, a pour densité 8.92 et fond à 1084°C. Il est, après l'argent, le meilleur conducteur de la chaleur et de l'électricité. Il est malléable et ductile.

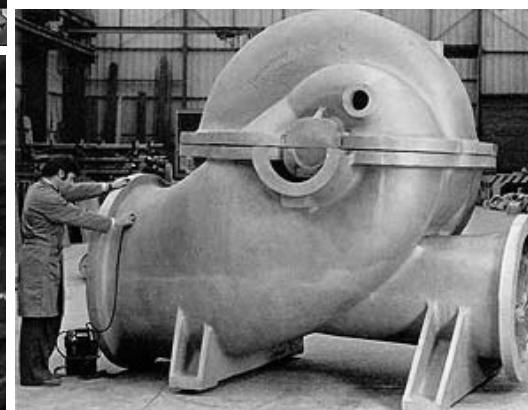
Le module d'Young varie entre 105 et 132 GPa et le coefficient de Poisson est de 0.34 à 20°C.

A l'état recuit, sa charge de rupture est de 220 MPa.

Le cuivre et ses alliages se soudent bien, qu'il s'agisse de soudage autogène, de soudure électrique, de brasage ou de soudage à l'étain.

UTILISATIONS.

Les usages du cuivre interviennent dans la fabrication d'un grand nombre d'appareils de chaufferie industriels de tuyauteries, de gouttières, châteaux, descentes d'eau et toitures de luxe (Opéra de Paris, château de Frontenac de Québec).



Soumis aux intempéries lorsqu'il est utilisé en toiture, le cuivre prend dans un premier temps une couleur brun foncé, puis une patine vert clair très adhérente, qui le protège de toute oxydation ultérieure.



Il est surtout utilisé pour la fabrication d'alliages importants tels que les laitons (cuivre+zinc) et les bronzes (cuivre+étain), etc. Il intervient également comme métal d'addition en faible quantité dans les aciers pour obtenir des aciers inoxydables. Ses oxydes sont utilisés comme colorants (verre).

