

UNIVERSITE ABOUBEKR BELKAID

FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIEUR

DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL

**SCIENCE DES MATERIAUX  
DE CONSTRUCTION**

Responsable: Dr. GHOMARI Fouad

## Le ZINC.

Le mot zinc vient de l'allemand "zinke" qui signifie pointe en français. Même s'il ne représente que 0,012% de la croûte terrestre, il est présent dans l'eau, le sol et l'air ; de plus il est une composante essentielle et indispensable du corps humain.

Le zinc est, dans la nature, habituellement associé à d'autres métaux tels que le cuivre et le plomb. Les gisements de zinc sont largement répartis autour du globe. Dans ceux où il apparaît en grande quantité, la proportion des impuretés dans la roche est souvent importante. Le principal minerai est la *blende* (ou sphalérite) qui comprend comme impuretés du plomb, du cuivre, du manganèse, du calcium, du cobalt, de l'argent, etc. Les grandes exploitations se situent notamment, au Canada (Colombie britannique), aux Etats-Unis (Utah, Colorado, Idaho), au Pérou (Cerro de Pasco) et en Australie.

Des siècles avant d'être découvert sous sa forme "pure", le minerai de zinc était connu à l'état d'alliage avec le cuivre et l'étain.

Les premières expériences de fonte et d'extraction ont été réalisées en Chine et en Inde (1000 après JC). Toutefois, la connaissance moderne du zinc est attribuée au chimiste allemand du XVIII<sup>ème</sup> siècle : Andreas Marggraf, qui lui donna notamment son nom.

Le premier procédé industriel fut inventé par le chimiste liégeois l'abbé Daniel Dony, à qui Napoléon 1<sup>er</sup> avait concédé la mine de Moresnet (dans la région de Namur), à charge pour lui de rechercher le moyen d'en extraire le minerai.

La première usine de fusion de zinc à grande échelle dans le monde occidental a été construite à Bristol, en Angleterre, en 1743.

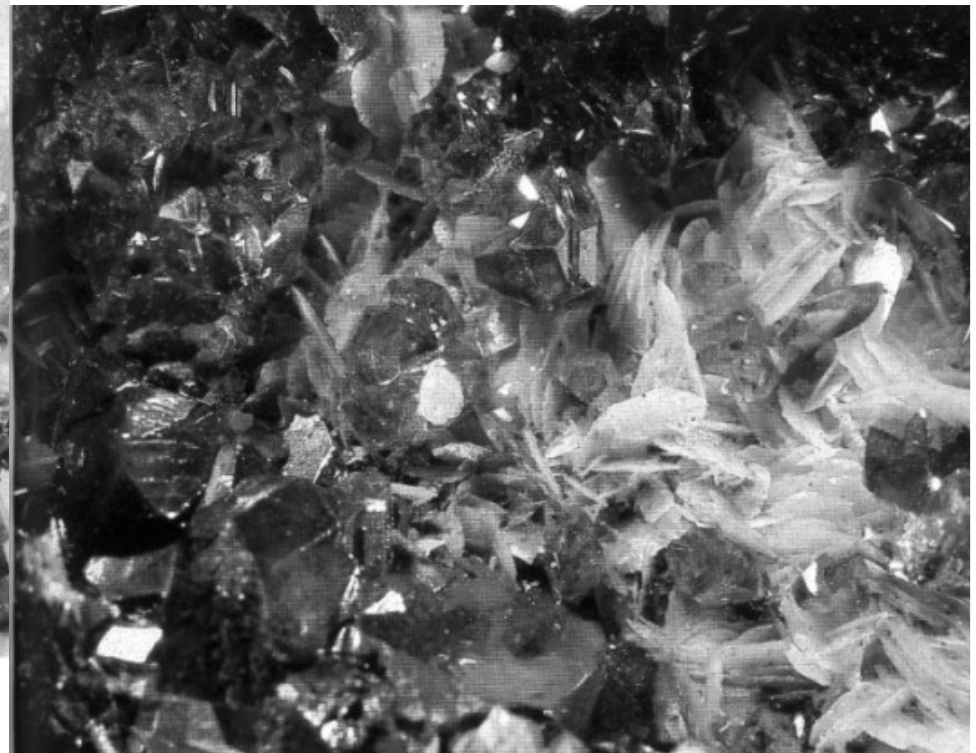
Parmi ces composés, citons :

- l'oxyde de zinc  $\text{ZnO}$  (blanc de zinc ou blanc de neige),
- le chlorure  $\text{ZnCl}_2$ ,
- le sulfure  $\text{ZnS}$  (blende),
- le sulfate  $\text{ZnSO}_4$ .



Blende sur dolomite

Blende avec galène et sidérite



## LES DIFFERENTES ETAPES DE LA PRODUCTION.

L'extraction du zinc peut s'effectuer dans des mines à ciel ouvert ou dans des gisements en profondeur.

Le choix du type d'exploitation découle de l'environnement, ainsi que des moyens financiers investis. Lorsque la décision d'exploiter une mine à ciel ouvert est prise, les mineurs creusent des trous à l'aide de forets pneumatiques manuels, dans lesquels ils vont placer les charges explosives.

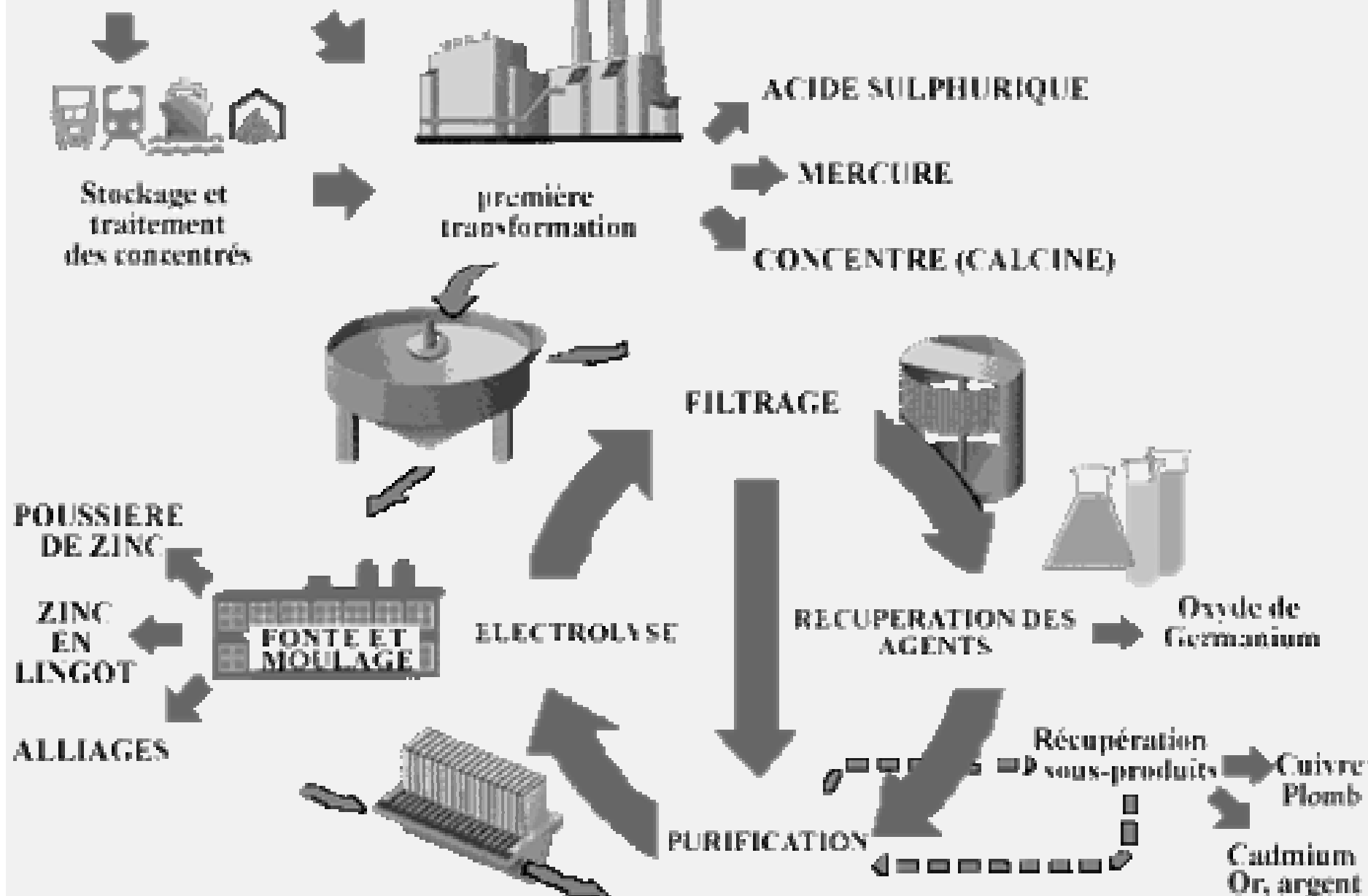
Les roches sont extraites, puis transportées jusqu'à une usine de transformation qui se trouve généralement sur le site même de l'exploitation. C'est à ce stade que commence la phase de concentration.

## Séparation des concentrés de zinc.

A ce stade, le minerai est broyé afin d'obtenir de très fines particules qui vont être soumises à divers traitements chimiques, selon la nature du minerai. L'objectif est d'en retirer le maximum d'éléments étrangers et d'impuretés. Les différents concentrés présents dans la roche sont ensuite séparés par un procédé de flottation.

Cette technique est basée sur le fait que lorsqu'elles sont en suspension, les particules minérales recouvertes de certains produits chimiques s'agglutinent aux bulles d'air qui sont insufflées par le bas de la cellule de flottation et remontent en surface. Un dépôt mousseux se forme alors à la surface. Il sera récupéré et envoyé à travers plusieurs filtres. A la sortie de ce processus, on recueille plusieurs concentrés différents de zinc.

# FORAGE, EXTRACTION, BROYAGE



## Affinage.

C'est certainement l'étape la plus importante du processus. Afin d'obtenir du métal brut, l'industrie métallurgique du zinc utilise deux procédés : l'hydro et la pyrométallurgie.

### 1. *L'extraction par voie humide (par hydrométallurgie).*

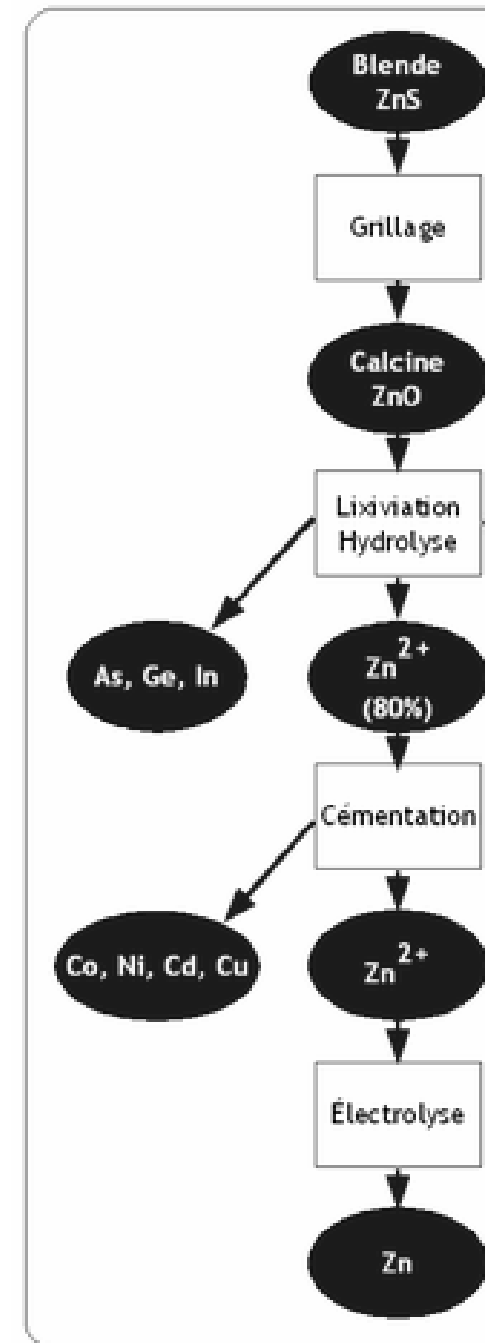
L'hydrométallurgie consiste à la production, la purification ou l'élimination de métaux ou de composés de métaux au moyen de réactions chimiques. Cette méthode est principalement utilisée dans le traitement des roches faisant apparaître une forte teneur en fer. Elle se déroule en quatre volets qui sont respectivement : le grillage, la lixiviation, la purification et l'électrolyse.



Grillage : le grillage pourra transformer le sulfure de zinc en oxyde. Le minerai de zinc, après grillage, est appelé calcine.

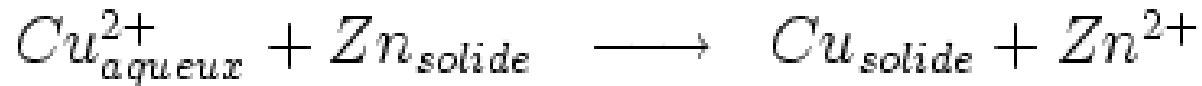
Le dioxyde de soufre que l'on obtient grâce à ce procédé est transformé en acide sulfurique, réutilisé dans le processus vers l'étape suivante dite de lixiviation.

Lixiviation : Le but de la lixiviation est de mettre en solution 80% du zinc sous forme de l'ion  $Zn^{2+}$  en obtenant la transformation de l'oxyde de zinc (calcine) issu du grillage en sulfate de zinc ( $ZnSO_4$ ). L'attaque de la calcine se fait à l'aide d'une solution diluée d'acide sulfurique (180 à 190 g/l). Cette opération s'effectue aux environs de 60°C et dure entre une et trois heures. A ce stade, il reste encore entre 10 à 25% de zinc insoluble qui va être récupéré grâce à une opération complémentaire. On injecte des ions ferreux ( $Fe^{2+}$ ) qui précipitent en hydroxyde de fer ( $Fe(OH)_3$ ) en entraînant certaines impuretés métalliques : arsenic, germanium et indium.



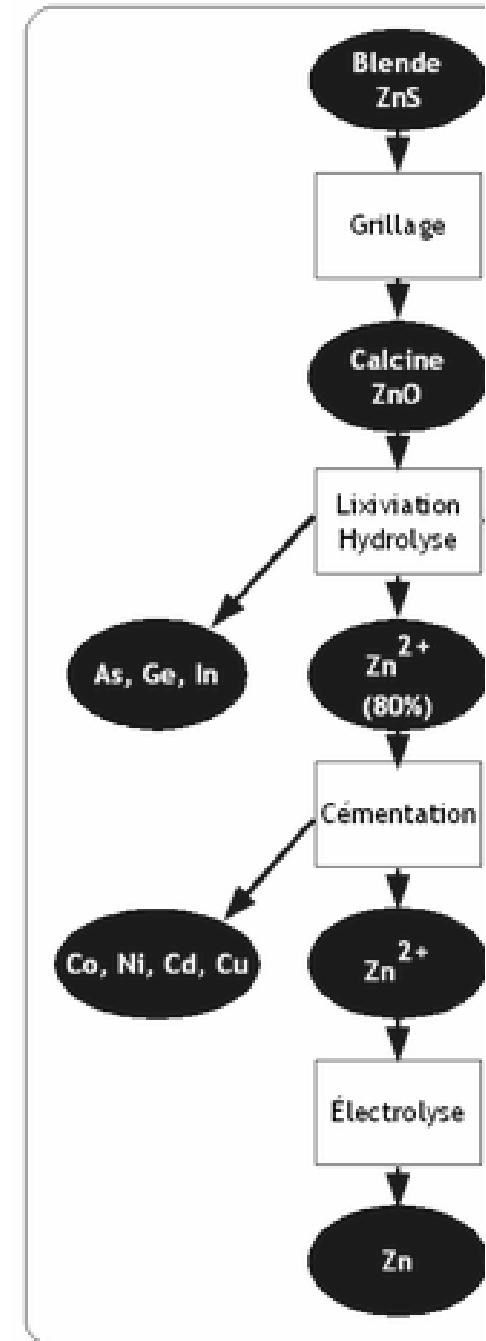
Cementation : après lixiviation, quelques éléments extérieurs (Co, Ni, Cd, Cu) sont encore présents dans la solution.

Cette élimination va se faire grâce à de la poudre de zinc fine. Le principe est de mettre en contact l'ion métal (exemple  $\text{Cu}^{2+}$ ) avec un métal ayant un pouvoir réducteur plus important (moins électronégatif).



L'opération se fait par plusieurs cémentations successives. La difficulté d'extraire les éléments suit l'ordre suivant par difficulté croissante : Cuivre, Cadmium, Nickel, Cobalt. On joue en particulier sur la température (entre  $45^{\circ}$  et  $65^{\circ}\text{C}$  pour le cadmium,  $75^{\circ}$ - $95^{\circ}\text{C}$  pour le cobalt).

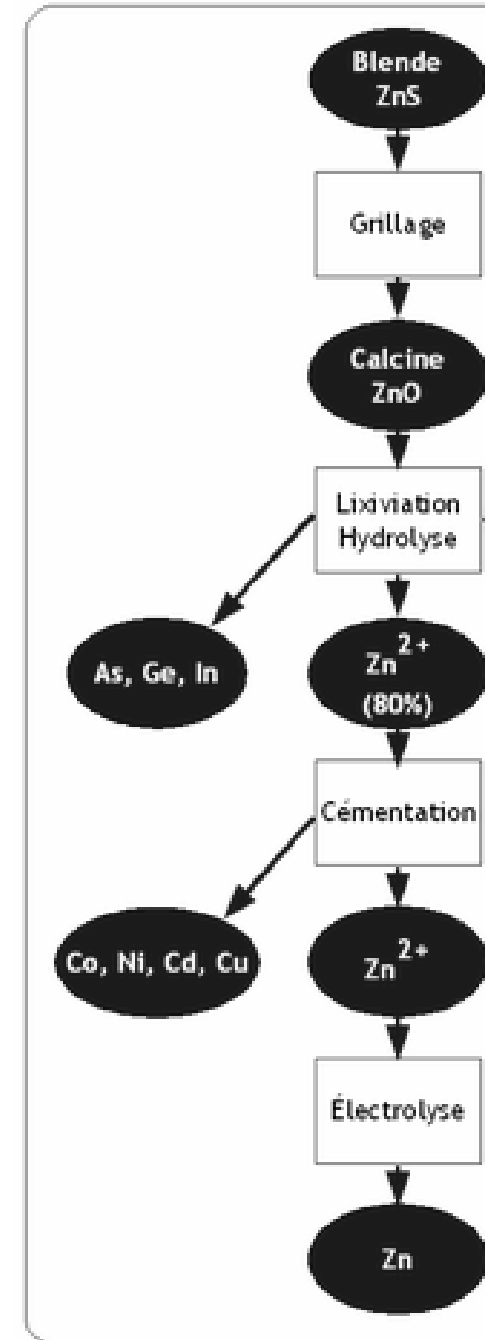
Cette purification dure entre une et huit heures. A la fin du processus, les particules de zinc sont récupérées par filtrage.



Electrolyse : une fois la solution purifiée, elle est versée dans des réservoirs d'électrolyse (cuves en ciment revêtue de PVC) constitués d'anodes en plomb et de cathodes en aluminium dans la solution de sulfate de zinc. Cette opération se déroule entre 30 et 40°C et va permettre au zinc de se déposer sur la cathode d'où il sera décollé par pelage (ou stripping) toutes les 24, 48 ou 72 heures selon le cas.

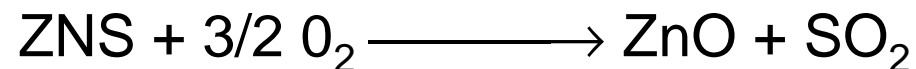


- La production par cellules qui contiennent jusqu'à 86 cathodes de 1,6 m<sup>2</sup>, peut atteindre 3 T/jour.
  - Le zinc obtenu est très pur (99,995 %). Il contient moins de 50 ppm d'impuretés, la principale étant le plomb.
- Enfin, le zinc obtenu est fondu et moulé en plaques. C'est sous cette forme qu'il sera mis sur le marché industriel.



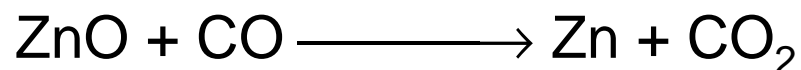
## 2. L'extraction par voie sèche (pyrométallurgique) .

- soit par décomposition de la calamine à température modérée,
- soit par grillage entre 910° à 980°c pour la blende :

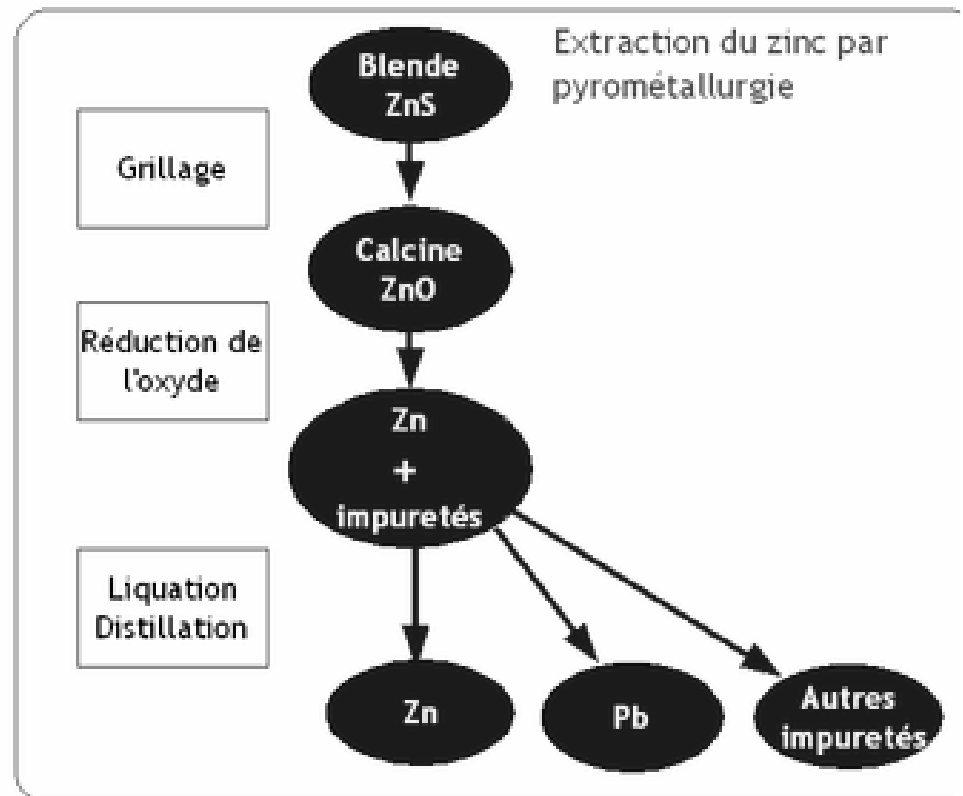


La réaction est exothermique.

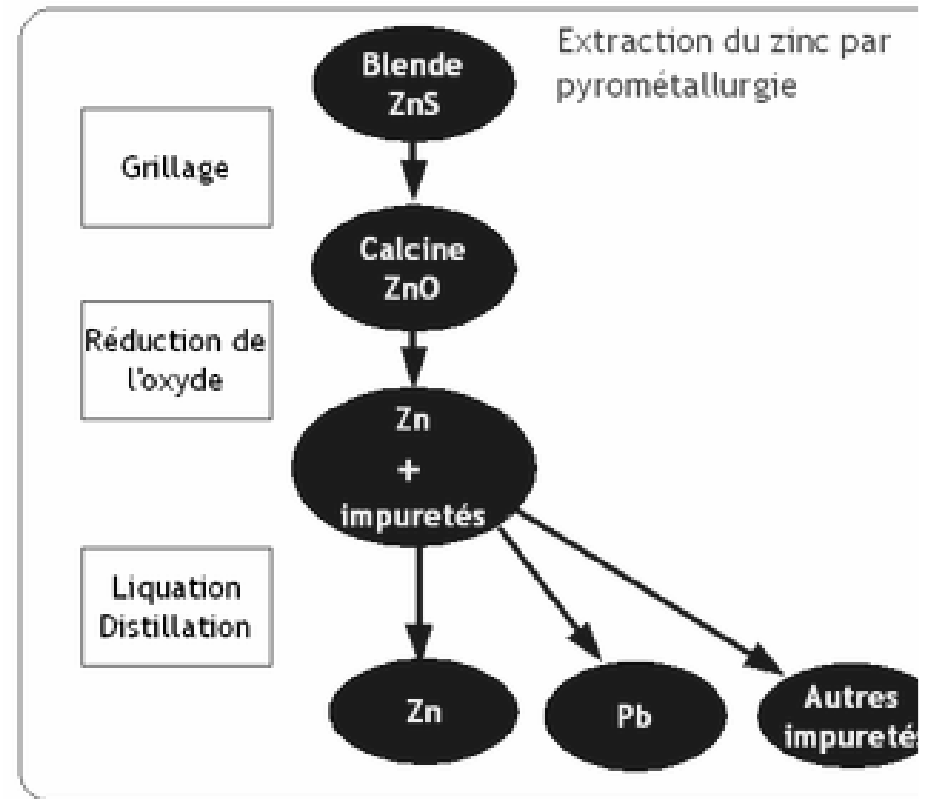
Le métal est ensuite obtenu en réduisant l'oxyde par du coke à une  $T. > 907^\circ\text{C}$  de vaporisation du Zinc en vue de le transformer en gaz :



Le zinc est capté en haut du four et récupéré par condensation. A ce stade, il contient encore des impuretés.

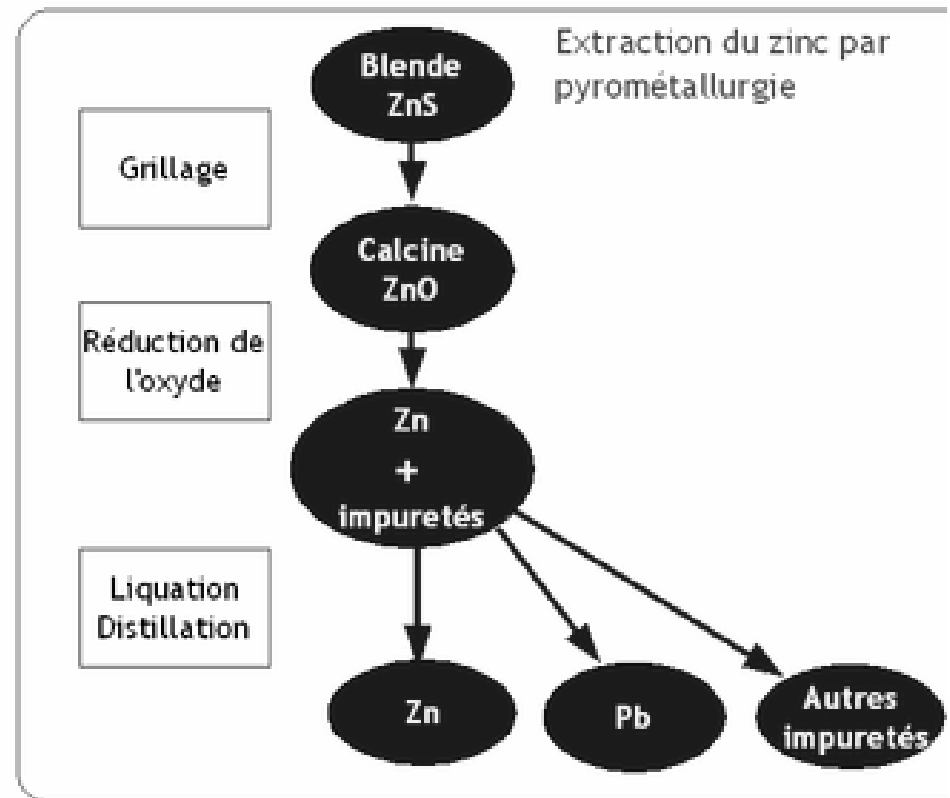


Le zinc obtenu lors des opérations précédentes contient encore du plomb et d'autres impuretés (fer, cadmium dans des proportions de l'ordre de 0,1%). Pour augmenter le titre en zinc du métal, il est affiné par deux opérations : la liquation et la distillation.



La liquation est basée sur une différence de miscibilité entre le plomb et le zinc à une température comprise entre 430 et 440°C. En traitant le zinc issu des opérations précédentes dans un four à réverbère pendant un à deux jours on sépare : le zinc qui contient encore 0,9 % de plomb de ce qui s'appelle la "matte de zinc" contenant du plomb, 5 à 6 % de zinc et un composé ferreux de composition  $FeZn_{13}$ .

Pour obtenir un zinc pur, il faut passer par une opération de distillation fractionnée qui permet de séparer les différents constituant métalliques en jouant sur leurs températures de fusion. Pour cela, on chauffe le mélange de métaux pour le rendre gazeux. A l'aide de diverses colonnes de distillation on sépare les métaux en les condensant.



# PROPRIETES.

## *Chimiques.*

L'air sec n'attaque pas le zinc. Humide, il l'attaque et le ternit par formation d'une pellicule grise d'hydrocarbonate grise qui le patine et le protège contre l'oxydation. Il n'est pas considéré comme toxique. Le zinc est facilement attaqué par les acides et d'autant mieux qu'il est moins pur, particulièrement les acides chlorhydrique et sulfurique. Il est également attaqué par la chaux et le ciment Portland.

## *Physiques et mécaniques.*

Métal blanc bleuâtre et brillant, susceptible de prendre un beau poli mais qui se ternit rapidement à l'air humide. Sa densité est de 7.2 et fond vers 420°C. Fondu, il se montre homogène. Froid, il est cassant; mais devient malléable et ductile entre 100 et 150°C.

La ténacité du zinc est relativement faible, sa limite de rupture est de 190 MPa. A l'état pur, le zinc est très malléable.

Le coefficient de poisson varie entre 0.2 et 0.3, et le module d'Young entre 110 et 120 GPa.

---

Symbole chimique	Zn
Numéro atomique	30
Masse atomique	65,37
Structure cristalline	Hexagonale, dihexagonale, dipyramidale
Densité (à 25°C)	7133 kg/m <sup>3</sup>
Température de fusion	419°C (692,7°K)
Température d'ébullition (760mm Hg)	907°C (1180°K)
Dureté Vickers No	2-6 ypsum
Résistivité électrique (20°C)	5,96.μ ohm.cm
Résistance à la traction	190 N/mm <sup>2</sup>
Conductibilité thermique : solide 18°C	113 W / m.K
Configuration électronique	[2,8,18]4s <sup>2</sup>
Isotopes	60 à 73



## UTILISATIONS.

Le zinc est surtout utilisé comme protecteur du fer et de l'acier (galvanisation par trempage dans le zinc fondu).

Il sert aussi à la fabrication du laiton (alliage de zinc et de cuivre (% maxi. Zinc = 46%).

Dans la construction, il est utilisé dans les toitures et les gouttières ainsi que le bardage dans la construction de charpentes ou de façades .

75% du zinc est consommé sous sa forme métallique; les 25% restant sont employés soit sous la forme d'oxyde, soit sous celle de sulfure de zinc.

L'oxyde de Zinc est utilisé dans la fabrication de pigments pour peintures. Le sulfure de zinc quant à lui, est principalement employé dans la confection de peintures peu toxiques.