
Dossier pédagogique



LES MÉTAUX AU FIL DE L'HISTOIRE

INTRODUCTION

Le CNHS est une asbl fondée en 1958 ayant pour objectifs la promotion et la diffusion de l'histoire des sciences en Belgique. Dans le cadre scolaire, nous organisons des activités éducatives autour de thèmes précis alliant histoire et science

En collaboration avec le Musée de La Fonderie, nous organisons une animation autour de sa collection des machines industrielles. Le présent dossier développe un des aspects de cette visite : l'histoire des métaux. Ce dossier devrait permettre aux enseignants de préparer la visite et de prolonger l'animation en classe.

Les objectifs de la visite :

- découvrir les métaux et leurs propriétés
- comprendre les circonstances de la découverte des métaux et de leur utilisation
- apprendre à observer et à exprimer le résultat d'observations
- apprendre un nouveau vocabulaire
- stimuler la créativité durant les ateliers
- sensibiliser à l'histoire des sciences et des techniques dans un contexte industriel
- montrer l'évolution des techniques/sciences

Le public visé par la visite :

Nous visons un public scolaire : les deux dernières années du primaire et la première année du secondaire (enseignement général, étude du milieu).
Il s'agit d'une activité transversale qui peut s'insérer tant dans le programme des sciences que celui d'histoire.

Liens avec le programme

> Liens avec le programme des sciences

Secondaire, premier degré commun

- L'énergie: formes et sources d'énergie
- La matière et ses états
- Education par la technologie : structures et mécanismes, technologie étudiant les mécanismes de construction, simples et/ou complexes, des machines mettant en œuvre des principes mécaniques, électriques, pneumatiques et hydrauliques.

Technologie des matériaux: La technologie des matériaux peut comprendre la connaissance de qualité ou de compatibilité de différents types de matériaux incluant bois, textiles, matériaux composites, métaux, plastiques, combustibles aussi bien au niveau du processus que du traitement, de la conservation et du recyclage.

Primaire- 4^e cycle (10-12 ans) : Eveil scientifique

- Découvrir l'énergie : sources d'énergie, transformation d'énergie
- La matière: propriétés et changements d'état
- L'homme et l'environnement
- Les états de la matière

> Liens avec le programme d'Histoire:

- Exploiter des sources historiques
- Le mode de vie des gens à une époque déterminée
- L'évolution du mode de vie des gens (préhistoire, antiquité, moyen-âge...)
- Les grandes découvertes

Les visites et animations ont lieu du lundi au vendredi à la Fonderie, Rue Ransfort à 1080 Bruxelles sur rendez-vous. Pour tout renseignement, n'hésitez pas à contacter Yannik van Praag, responsable du service éducatif (+ 32 (0)2/413.11.85) ou à envoyer un mail à l'adresse suivante parcours.lafonderie@skynet.be



Jilou

SOMMAIRE

INTRODUCTION	2
I. UNE HISTOIRE DU METAL	5
A. Présentation	5
B. Un métal, qu'est ce que c'est ?	5
C. Vocabulaire spécifique	7
D. Les métaux et leur histoire	8
E. Les sept premiers métaux	10
1. Or	10
2. Cuivre	12
3. Argent	14
4. Etain	16
5. Plomb	18
6. Fer	20
7. Mercure	23
F. Les autres métaux	25
G. Histoire de la métallurgie	29
1. Age du Cuivre	29
2. Age du Bronze	30
3. Age du Fer	31
4. Développement de la Métallurgie	33
5. Puddlage et Laminage	35
Conclusion	36
Bibliographie	37
II. LE METAL. PROLONGEMENT	38
1. Créer une fiche objet	
2. Liens objets / métaux	
3. Ligne du temps des premiers métaux	
4. Activité « corrosion »	
5. Métal et vocabulaire	

I. UNE HISTOIRE DU METAL

A. Présentation

Les métaux font partie de notre vie quotidienne et se retrouvent dans toutes les actions de notre existence : de la canette de boisson aux couverts en passant par les fils électriques ou mêmes nos téléphones portables ! Aucune matière n'a été aussi importante que le métal pour l'histoire de l'homme. Les progrès de l'agriculture, de la guerre, du transport, et même ceux de l'art ou de la cuisine auraient été impossibles sans eux.

Mais pour pouvoir les utiliser, de nombreux problèmes techniques ont dû être résolus : Comment les reconnaître ? Où les trouver alors qu'ils sont parfois enfouis sous des tonnes de roches ? Comment les détecter alors qu'ils sont souvent en combinaison avec d'autres substances ? Quelles sont leurs propriétés et comment les utiliser au mieux ?

Savez-vous que les métaux ont une histoire ? Ils ont été découverts à des moments différents et leur utilisation va à chaque fois transformer la société ambiante. Ce dossier pédagogique voudrait vous faire découvrir les péripéties de l'histoire des métaux et l'aventure de leur maîtrise.

B. Un métal, qu'est ce que c'est ?

Les états de la matière

C'est dans le sol, sous forme de minerais, qu'on trouve les métaux. Ils se présentent parfois à l'état pur, mais ils sont la plupart du temps mélangés à d'autres éléments : par exemple, la majorité des minerais de fer est un composé chimique de fer, d'oxygène et de silicium. Pour qu'il puisse être utilisé, il doit être séparé et débarrassé des autres éléments. Comment faire ? On utilise surtout un traitement appelé « fusion » qui s'exécute dans un haut fourneau pouvant atteindre des températures élevées. On y fond le métal et, devenu liquide, on pourra l'isoler plus facilement et créer une substance « pure ».

La différence métal/non métal

Épinglons quelques-unes des grandes différences qui distinguent les métaux des non-métaux :

* Il y a d'abord les **propriétés chimiques** (dans le tableau périodique de Mendeleïev, les métaux sont placés à gauche, et les non-métaux à droite). Les métaux ont de un à trois électrons dans leur couche externe, alors que les non-métaux en possèdent de quatre à huit. Les métaux possèdent une plus haute densité que les non-métaux. Par ailleurs, tous les atomes n'ont pas la même masse : plus ils sont lourds, plus la matière l'est aussi. Ainsi, un atome d'or est presque quatre fois plus lourd qu'un atome de fer. Attention : la densité des matériaux n'est pas proportionnelle à la masse de leur atome.

* Ils se distinguent aussi dans leur **apparence** : les métaux sont brillants, alors que les non-métaux peuvent être opaques ou transparents. A l'exception du mercure, tous les métaux sont présents sous forme solide à température ambiante, mais peuvent passer à l'état liquide et gazeux, et vice versa si on les chauffe.

* Ils se différencient aussi par leurs **propriétés physiques et mécaniques** : les métaux sont malléables à des degrés divers, ce qui signifie qu'ils peuvent être battus à feuilles minces, alors que les non-métaux sont très fragiles et peuvent être difficilement transformés. Contrairement aux non-métaux, les métaux sont ductiles, c'est à dire qu'ils peuvent être étirés en fils. Ils sont aussi de bons conducteurs d'électricité et de chaleur, alors que les non-métaux sont de mauvais conducteurs et isolant (par exemple l'eau salée).

Les propriétés des métaux

Les caractéristiques des premiers métaux ont souvent été découvertes par hasard, en lien avec leur utilisation, et non pas par une expérimentation préalable comme nous le ferions aujourd'hui. N'oublions pas que la science a longtemps été tributaire de la technique. Quelles sont leurs propriétés communes qui vont les distinguer des pierres telles que le silex ou le marbre ?

Outre deux propriétés mécaniques (la résistance à la traction [**ténacité**]) et la résistance à la pénétration [**dureté**]), citons six propriétés des métaux :

* Il y a d'abord la **fusibilité** : Un corps est fusible si, par la chaleur, on peut le faire passer de l'état solide à l'état liquide. Dans le cas des premiers métaux (or, cuivre, argent), les anciens obtenaient une chaleur suffisante sur un feu de bois pour le liquéfier ; par après, l'amélioration des techniques, et notamment l'utilisation du charbon de bois, permettra d'atteindre des températures plus élevées et donc de faire fondre d'autres métaux plus résistants.

* Il y a ensuite la **moulabilité** : un corps est moulable quand, à l'état liquide, il peut être refroidi et solidifié dans un moule en prenant la forme de celui-ci.

* Il y a encore la **malléabilité** : Contrairement aux pierres, les métaux ne se brisent pas quand on leur porte un coup, ils se déforment en conservant la nouvelle forme acquise. La malléabilité est la raison pour laquelle on peut laminier (*rouleau compresseur*) un matériau, le forger (*martèlement*), ou découper plus ou moins facilement un métal.

* La **ductilité** désigne la capacité d'un matériau à se déformer plastiquement sans se rompre pour former notamment des fils. S'il y résiste bien, il est dit ductile, sinon il est dit fragile.

* Il y a enfin la **conductivité** thermique ou électrique, c'est-à-dire que les métaux transmettent la chaleur ou le courant électrique à des degrés divers.

* Les métaux se caractérisent encore par la **masse volumique**. En effet, pour un même volume donné, les corps n'ont pas le même poids. L'argent a une masse volumique moins importante que celle de l'or : par exemple, celle de l'argent est de 10kg/dm^3 tandis que celle de l'or est de 19kg/dm^3 .

C. Vocabulaire spécifique

Vocabulaire pré requis :

- **Métal natif** : un métal est dit natif s'il existe dans la croûte terrestre à l'état non combiné (par exemple, l'or). Les autres métaux sont dits **composés**.
- **Métallurgie** : Ensemble des procédés et des techniques d'extraction, d'élaboration, de mise en forme et de traitement des métaux et de leurs alliages (*Dictionnaire Larousse*)
- **Alliage** : Produit métallique obtenu en incorporant à un métal un ou plusieurs éléments (*Dictionnaire Robert*).

Vocabulaire à expliquer

- **Amalgame** : Un amalgame est un alliage métallique qui se forme facilement, sans chauffage. Cela désigne en général les alliages du mercure avec principalement de l'argent et d'autres métaux tels l'étain, le cuivre, etc.
- **Conducteur** : Un produit qui transmet facilement la chaleur ou le courant électrique.
- **Coupeellation** : Opération permettant de séparer par oxydation certains métaux d'autres avec qui ils sont unis.
- **Haut fourneau** : Il s'agit d'un four actuellement chauffé au coke où s'effectuent la réduction des minerais de fer et l'élaboration de la fonte. Un haut fourneau peut atteindre une hauteur de 40 m et produire 10 000 tonnes de fer par jour.
- **Oxydation** : Corrosion par l'oxygène de l'air ou par celui dissous dans l'eau.
- **Réduction** : Une opération chimique qui consiste à éliminer l'oxygène du minerai pour obtenir du métal. Par exemple, dans le traitement du minerai de fer, l'agent réducteur est le carbone.
- **Teneur** : Proportion de métal contenu dans un volume de roche ou de minerai.

D. Les métaux et leur histoire

Si aujourd'hui, 86 métaux sont repris dans le tableau de Mendeleïev, seuls sept d'entre eux étaient connus et isolés jusqu'au Moyen Âge¹. Il s'agit :

- de l'or, découvert vers 6000 avant Jésus-Christ
- du cuivre, découvert vers 4000 avant Jésus-Christ
- de l'argent, découvert vers 3500 avant Jésus-Christ
- du plomb, découvert vers 3500 avant Jésus-Christ
- de l'étain, découvert vers 3000 avant Jésus-Christ
- du fer, découvert vers 1500 avant Jésus-Christ
- du mercure, découvert vers 750 avant Jésus-Christ

La date de leur découverte est approximative et leur utilisation va se répandre dans le monde avec des vitesses variables. Ils apparaissent pour la plupart en Mésopotamie, un des foyers de la civilisation.

Précisons que d'autres métaux sous une forme non pure sont déjà utilisés dans l'Antiquité ou au Moyen Âge, comme le zinc ou le nickel. Les forgerons n'ont pas encore réussi à les isoler : ils les emploient de manière périphérique, en utilisant par exemple le zinc contenu dans la calamine pour créer le laiton (cuivre + zinc).

Les métaux seront si importants pour l'humanité qu'on les compare souvent aux sept piliers de la civilisation et que des périodes de l'Histoire porteront le nom de certains d'entre eux (âge du fer, âge du cuivre).

La métallurgie et les premières utilisations du métal apparaissent au Proche-Orient dans le courant du 5^e millénaire avant Jésus-Christ. Les peuples néolithiques du Croissant fertile vont alors s'intéresser à certains « cailloux » ayant des propriétés particulières : elles brillent quand elles sont frottées et présentent un toucher agréable. Elles sont d'abord utilisées à des fins décoratives, avec l'or, l'argent et le cuivre. Présents à l'état naturel, les anciens n'ont eu qu'à se baisser pour collecter ce qu'ils considéraient encore comme des « pierres » au même titre que le marbre ou le calcaire. Mais contrairement au silex par exemple, ces métaux sont rares et cette rareté ajoutera à leur valeur. Ils découvrent très vite qu'elles sont malléables, c'est-à-dire qu'elles peuvent se déformer sans se casser, contrairement aux autres pierres. Elles réagissent aussi au feu en se déformant et en fondant et peuvent se liquéfier avant de se re-solider en adoptant des formes déterminées. Pour assurer cette fusion, les anciens réussissent à obtenir une chaleur suffisamment forte au moyen d'un feu de bois (pour le plomb par exemple) et plus tard dans un four de potier. Le métal pouvait être façonné par le moulage, par la fonte à la cire perdue et par le martelage, voire par ces trois techniques confondues. Les fouilles ont ainsi livré des moules en pierre ou en argile présentant la forme, en creux, de bijoux ou d'outils.

L'amélioration des fours et des combustibles (en utilisant le charbon de bois) entrainera la possibilité d'atteindre des températures plus hautes et donc de pouvoir travailler d'autres métaux. Dès le 3^e millénaire, le métallurgiste peut aussi purifier ces métaux précieux

¹ <http://neon.materials.cmu.edu/cramb>

par coupellation c'est-à-dire en fondant le minerai dans un vase poreux pour faire disparaître les impuretés.

Les premiers forgerons utilisent les métaux sans en déduire les propriétés. Historiquement, la technique a précédé la science et c'est bien plus tard que la théorie scientifique viendra conforter ce que l'artisan pratique intuitivement depuis des siècles. Tout naturellement, le forgeron va essayer de mélanger ces métaux fondus et réalisera des alliages. Il constate que les mélanges obtenus varient non seulement en couleurs suivant les dosages, mais transforment aussi les propriétés des métaux, notamment la solidité. Les premiers alliages sont naturels comme l'or et l'argent qui se sont mélangés pour donner l'électrum. D'autres alliages sont le fruit du travail de l'homme, comme le bronze bien sûr (cuivre et étain ou le laiton (cuivre avec le zinc contenu dans la calamine).

Le bronze présente beaucoup d'avantages par rapport au cuivre pur : il est plus résistant si la proportion d'étain est correcte ; il est aussi plus facile à couler que le cuivre et son point de fusion étant plus bas, il nécessite moins de combustible. Les proportions de l'alliage (90 % de cuivre, 10 % d'étain) mentionnées dans les textes ont été confirmées par les analyses. Son influence fut si grande qu'une période de la préhistoire (protohistoire) fut appelée « âge du bronze » en référence à cet alliage (d'environ 2500 à 800 avant Jésus-Christ). Le nom « bronze » viendrait de Brindisi, ville d'Italie, célèbre dans l'antiquité par sa métallurgie du bronze. Attention, la chronologie de ces âges varie beaucoup et dépend fortement de la localisation. Ainsi, en Mésopotamie ont été trouvés des objets en bronze datés de 5 000 ans avant Jésus-Christ ! Le bronze pénétrera plus de 2000 ans plus tard en Europe. Utilisé pendant près de deux millénaires, le bronze sera détrôné par le fer.

Lentement, les métaux se distinguent des « autres » pierres et une liste de sept métaux sera finalement adoptée. Sept, chiffre riche de sens. Dans des civilisations où le mode de pensée est magico-religieux, ces métaux vont être rapprochés des planètes, auxquelles ils correspondraient selon des liens mystérieux. Ces liens seront encore renforcés par les rapports que les dieux du panthéon gréco-romain nourriront à leur égard: les métaux sont en effet perçus comme des traces divines abandonnées sur terre, et ceux qui les utilisent sont couverts d'une aura mystique. La spécialisation des métiers conduit ainsi les forgerons à acquérir un savoir faire qu'ils veulent préserver et transmettre uniquement à certains initiés : il est vrai que les armes de métal apportent la suprématie sur les champs de bataille, celles de bronze supplantant celles en pierre, et de fer celles en bronze. Le secret militaire sera bien gardé !



**"Mercurio Volante" –
Sculpture en bronze par
Jean De Bologne (Musée
du Louvre) (CC)**



**"Saturnus", par
Polidoro Caldara da
Caravaggio 16e
siècle (CC)**

E. Les sept premiers métaux

Quels sont ces sept premiers métaux qui vont être apprivoisés par l'homme et quelles sont leurs caractéristiques ? Passons-les en revue.

1. Or

L'or est sans doute le métal le plus ancien travaillé par l'homme : des traces de son utilisation remontent à près de 6000 ans avant Jésus-Christ.



Casque-perruque en alliage naturel d'or et d'argent. Ce casque était porté par les rois d'Ur lors des batailles (vers 2450 avant notre ère.

Musée de Bagdad ©

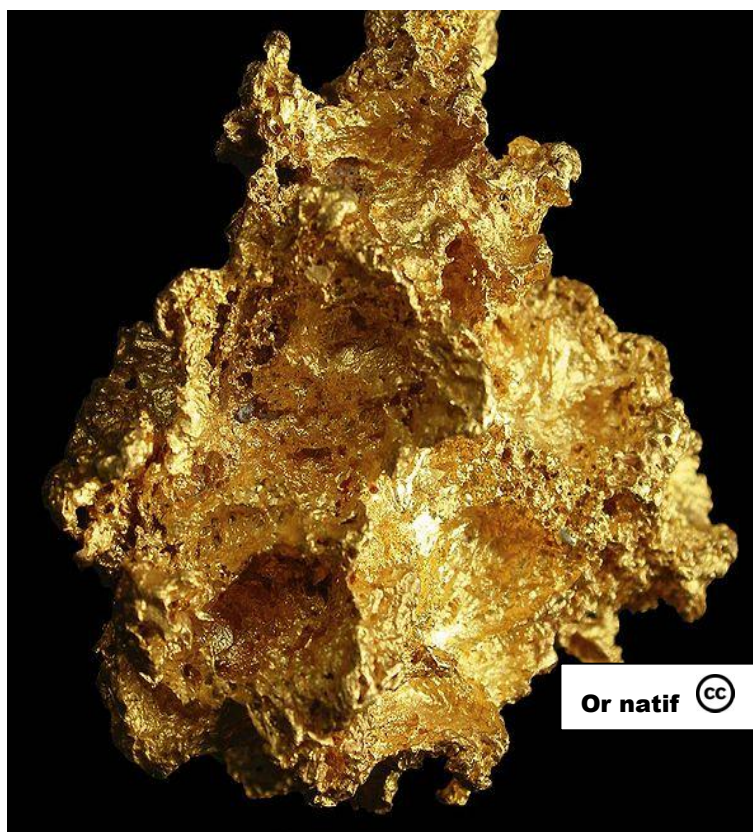
L'or est le seul métal quasiment inaltérable. Sa résistance à la corrosion et la fascination exercée par sa couleur ont conduit la plupart des civilisations humaines à lui accorder une place importante dans la société en le liant à la richesse et à l'abondance. Si l'or est présent partout dans le monde, il l'est souvent à une très faible concentration comme dans le lit des rivières. En conséquence, sa rareté ajoutera à sa valeur : il est par exemple 10.000 fois plus rare que le cuivre !

Ce métal peut être facilement mis en forme, mais cette malléabilité le rend aussi peu pratique. En conséquence, ses premières utilisations ont été exclusivement décoratives et seront cantonnées aux bijoux et aux œuvres d'art : les premiers orfèvres se contentent ainsi de recueillir ces petites pépites d'or dans le lit des rivières et de les souder par martelage.

Premier métal exploité, l'or va donner l'impulsion nécessaire à la naissance de la métallurgie. Outre les ruisseaux, on en trouve également dans des dépôts filons, c'est-à-dire aggloméré à de la roche. Les premiers chercheurs d'or ont dû identifier les dépôts aurifères pour pouvoir les exploiter. La couleur et l'éclat de l'or permettait de le reconnaître dans les roches, les pierres, le gravier ou la terre et il était facile par après de les séparer. Evaluer la concentration du métal est un autre problème auquel sera confronté le mineur de l'Antiquité.

Identification, séparation et concentration du métal sont les trois étapes de l'exploitation d'un gisement, et la facilité avec laquelle elles seront menées à bien détermineront la rentabilité d'un dépôt.

Symbole	Au du latin <i>aurum</i> signifiant brillant
Caractéristiques	Rare, donc cher Malléable Résistant à l'oxydation
Propriétés	L'or est un excellent conducteur, capable de transporter les courants électriques les plus faibles, à des températures allant de -55 à + 200°C
Utilisation	Son coût élevé, lié à sa rareté, limite ses utilisations à l'industrie du luxe (la bijouterie consomme 75% de la production) et à l'électronique de pointe.
Température de fusion	1 064,18 °C
Alliage	Pour le rendre plus rigide, alliage de métaux en faible quantité (argent, cuivre...). L'alliage argent et or est appelé électrum. qu'on rencontre à l'état naturel dans des proportions variables. Très prisé pendant l'Antiquité, il faisait aussi l'objet d'une production humaine.



2. Cuivre

Ce métal de couleur rouge doré a été utilisé par l'homme très tôt au cours de son histoire, dès la fin du Ve millénaire. Une ère de la Préhistoire porte d'ailleurs son nom : l'âge du cuivre, qui suit le Néolithique (ou le Chalcolithique, à partir des racines grecques *khalkos* [cuivre] et *lithos* [pierre]) et commence vers le IV^e millénaire. Son utilisation dans l'Antiquité sera même d'une plus grande importance que celui de l'or puisqu'il sera employé dans la fabrication des premiers outils, des instruments et des armes. Bien que le cuivre puisse être trouvé à l'état naturel, ses sources les plus importantes sont les minéraux cuprites, l'azurite et surtout la malachite (environ 90% du cuivre primaire provient de minerais sulfurés). Des mines de minerai de cuivre sont disséminées de par le monde.

A l'origine, le cuivre était réduit en petits morceaux à partir de la masse, martelé et taillé suivant des techniques similaires à celles utilisées pour les os ou les pierres. Toutefois, ce métal ainsi traité restait fragile et pouvait facilement se briser. Sa cuisson sur un feu de bois va pallier ce problème : il devient malléable et le forgeron pourra le marteler. Ces premières fusions ont été probablement obtenues par hasard, suite par exemple à l'abandon d'une pierre de malachite dans les feux de camp. Cette découverte fondamentale va conduire au développement de la métallurgie.

Réussir à le fondre sera encore une étape supplémentaire. Les températures normalement atteintes par un simple foyer ne dépassent pas 600-650 degrés, alors que 1084 degrés sont nécessaires pour liquéfier le métal. Il est donc plutôt vraisemblable que les premières fontes du cuivre aient été découvertes par les potiers antiques dans des fours de cuisson d'argile, qui peuvent eux atteindre des températures de 1100-1200 degrés. L'utilisation du charbon de bois permettra également d'intensifier la chaleur obtenue... Dès 3600 avant Jésus-Christ, des objets en cuivre fondu et plus seulement martelés sont fabriqués dans la vallée du Nil : anneaux, bracelets, ciseaux,... En 3000, des armes et outils sont largement répandus dans cette région du monde parmi les classes aristocratiques. Il faudra encore attendre 500 ans avant que de tels objets soient utilisés par les paysans.



Hache plate en cuivre d'Englannaz : Ce type de hache était utilisée lors de la période dite «Chalcolithique» (ou Age du cuivre)
© Musée archéologique de Viuz-Faverges.

Pourquoi avoir utilisé ce métal plutôt qu'un autre ? Plus solide que l'or, le cuivre est un des seuls à être présent sous forme de métal à côté de sa forme minérale, nécessitant peu de traitements annexes pour son extraction. Mélangé à l'étain, il donnera le bronze (90/10 de cuivre et d'étain), cet alliage renforçant la solidité du métal. Le bronze est lié à un âge spécifique, qui verra s'épanouir et se développer la métallurgie et transformera les sociétés locales (vers 2500 avant Jésus-Christ).

Symbole	Son symbole chimique est Cu . Le mot cuivre vient du mot latin <i>cuprum</i> , lui-même dérivé de Cyprus (Chypre), qui possédait des mines de ce métal exploitées par les Romains.
Caractéristiques	Le cuivre pur est plutôt mou, malléable et présente sur ses surfaces fraîches une teinte rosée à pêche.
Propriétés	C'est un métal ductile possédant une conductivité électrique et thermique particulièrement élevées qui lui confèrent des usages variés. Sa malléabilité permet de le déformer facilement pour en faire des tuyaux. Le cuivre est également nécessaire à la vie : c'est un oligo-élément.
Utilisation	Le cuivre sert à fabriquer des pièces de monnaie et aussi des armes, des tuyaux, mais aussi des fils électriques.
Température de fusion	1 084,62 °C
Alliage	Il intervient également comme matériau de construction et entre dans la composition de nombreux alliages bronze (cuivre/étain) ; laiton (cuivre/zinc). Ils sont utilisés pour fabriquer des robinets et d'autres matériels de plomberie.



Cuivre natif (CC)

3. Argent

La découverte de l'argent est postérieure à celle des deux métaux précédents. Dès la première dynastie égyptienne, vers 3500 avant Jésus-Christ, sa rareté, son blanc très pur et son inaltérabilité le faisaient employer comme monnaie, sa valeur étant même parfois supérieure à celle de l'or.

Bien que l'argent soit trouvé à l'état naturel et en quantité importante, son extraction est délicate. Le minerai est généralement mélangé à du plomb de sorte que les deux exploitations minières sont liées. Or, le plomb étant très toxique, les mineurs s'y empoisonnaient. Dans l'Antiquité, la plupart des hommes libres refusaient ce travail, réservé aux esclaves qui y mourraient rapidement. Une mine d'argent est célèbre dans l'Antiquité, il s'agit de celle de Laurion, près d'Athènes en Grèce. Autour de 500 avant Jésus-Christ, les Athéniens y exploitent un important gisement, qui va aider au développement de la cité. Un autre site minier important se trouve dans le sud de l'Espagne. Le géographe grec Strabon y signale des mines d'argent qui étaient à la source du Guadalquivir où quarante mille hommes étaient employés dans ce qu'on appelait les montagnes d'argent (*mons argentarius*).

Il faudra donc réussir à séparer l'argent des autres métaux avec lesquels il est uni. Le processus de coupellation, employé à partir de 2000 avant Jésus-Christ, en sera le mode. Cette technique se fonde sur une caractéristique commune de l'or et de l'argent, celle de ne pas s'oxyder aux températures élevées.



Bol en argent, culture des Cyclades (Grèce) (3200–2200 avant Jésus-Christ)
© Metropolitan Museum, New York

Ce métal étant pratiquement indestructible, il n'est que partiellement récupérable. L'argent est donc consommé et ne peut être réutilisé comme c'est le cas pour l'or. Il n'est pas uniquement l'objet d'une demande industrielle, mais l'est également comme monnaie. Au même titre que l'or, il a de tout temps servi de devise. Il est malléable, divisible, durable, rare, facile à entreposer et à transporter et maintient sa valeur.

Symbole	Le symbole chimique de l'argent est Ag du latin <i>argentum</i> .
Caractéristiques	L'argent est le plus actif chimiquement des métaux nobles, plus difficile à manier que l'or, mais plus ductile que le cuivre. Il occupe le deuxième rang de la ductilité et de la malléabilité après l'or. Il est normalement stable dans l'air pur et l'eau, mais se ternit lorsqu'il est exposé à l'oxygène.
Propriétés	C'est le meilleur conducteur d'électricité, mais son coût élevé ne permet pas de l'utiliser couramment.
Utilisation	Au moins trois secteurs d'activités l'utilisent: photographie argentique, joaillerie/argenterie et électronique. À l'exception du pétrole, l'argent métallique est la marchandise qui possède le plus d'applications industrielles. Il est nécessaire aux films, rayons X et imagerie médicale.
Température de fusion	961,78 °C
Alliage	L'alliage argent et or est appelé électrum. qu'on rencontre à l'état naturel dans des proportions variables. Très prisé pendant l'Antiquité, il faisait aussi l'objet d'une production humaine.



Argent natif sur cuivre natif CC)

4. Étain

L'étain ne se trouve pas à l'état naturel, mais est aggloméré dans d'autres roches comme la cassitérite. Celle-ci peut être réduite en un matériau gris-blanc, brillant quand on le frotte, fusible, moulable et malléable. Les premiers objets en étain remontent à 3000 avant Jésus-Christ, mais il faut attendre 1800 avant l'ère chrétienne pour que sa fonte soit devenue commune dans l'ouest de l'Asie. Ce métal est fondu d'abord au charbon de bois en étant initialement considéré comme une forme de plomb. Les Romains se referaient ainsi au plomb comme le *plumbum nigrum* et à l'étain comme le *candidum plumbum*.

L'étain est rarement utilisé seul, à cause de sa trop grande malléabilité, il est plutôt exploité sous forme d'alliage avec le cuivre, pour donner le bronze. Les forgerons antiques savaient qu'un mélange chauffé de malachite et de cassitérite conduisait au bronze, brun.

Dès le deuxième millénaire, le bronze est l'alliage métallique prédominant, mais les mines d'étain sont rares, obligeant les Sumériens à voyager pour trouver ce minerai. Il s'avère beaucoup plus solide que le cuivre et sera utilisé notamment dans la fabrication d'instruments aratoires ou d'armes tranchantes. Les navires phéniciens franchirent les colonnes d'Hercule (Gibraltar) et allèrent jusqu'en Grande-Bretagne à la recherche des mines d'étain, métal nécessaire pour réaliser l'alliage. Plus tard, Jules César a décrit l'exploitation de minerais d'étain dans les mines de Cornouailles. La route de l'étain, passant en Gaule et empruntant le Rhône, fait partie des objectifs de la conquête romaine, laquelle est de sécuriser cette voie d'approvisionnement.



Symbole	Le symbole de l'étain est Sn de stannum.
Caractéristiques	C'est un métal gris-argent
Propriétés	L'étain est très malléable et ductile. Il est très résistant à la corrosion mais peut être attaqué par les acides forts.
Utilisation	<p><u>Fer-blanc</u> : tôles fines d'acier doux recouvertes d'une mince couche d'étain, généralement par électrodéposition. Le fer-blanc est surtout utilisé pour fabriquer les emballages métalliques (boîtes de conserve).</p> <p><u>Étamage</u> : l'étamage consiste à recouvrir une pièce métallique d'une fine couche d'étain pour garantir de bons contacts électriques.</p> <p><u>Monnaies</u> : On incorpore souvent de l'étain dans les pièces de monnaie. Les pièces de 50 centimes, 20 centimes et 10 centimes d'Euro en contiennent 1 %.</p> <p>L'étain est également nécessaire à la vie : c'est un <u>oligo-élément</u></p>
Température de fusion	231,928 °C
Alliage	Avec le cuivre donne le bronze. Les alliages plomb-étain, parfois aussi appelés métal blanc, sont des alliages très courants depuis l'Antiquité, notamment dans la vaisselle.



La cassitérite contient de l'étain (CC).

5. Plomb

On ne trouve pas le plomb à l'état pur en milieu naturel, mais bien la galène (qui est du sulfure de plomb). Il a été obtenu par réduction et sera utilisé pour colorer et émailler des céramiques, lester des hameçons, sceller des amphores, produire des fards, du « Kohl » (de 4000 à 2000 ans avant notre ère). Outre cette propriété tinctoriale, le plomb est rarement utilisé dans l'Antiquité à cause de sa trop grande malléabilité: il se déforme plastiquement sans se rompre. C'est un métal très dense qui conduit peu l'électricité. Il va surtout être utilisé dans le développement des armes à feu grâce à la production de cartouches de fusils.

La production de plomb métallique à partir de ce minerai est relativement facile, car son point de fusion n'est en effet « que » de 327 C°. En y ajoutant de l'antimoine, le plomb durcit. Il est par la suite universellement employé comme un conteneur, car il ne subit presque aucune corrosion, et notamment dans la tuyauterie, au point que le métier de plombier renvoie au métal dans son étymologie même. On sait depuis que le plomb est toxique lorsqu'il est en contact avec un liquide : les Romains s'empoisonnaient sans le savoir en utilisant des coupes en plomb.



Tuyaux en plomb utilisés à l'époque romaine à l'intérieur des thermes de Bath, Angleterre. (CC)

Au Moyen Âge, les alchimistes croient que le plomb est le métal le plus ancien et l'associaient à la planète Saturne. C'est sans doute pourquoi l'intoxication au plomb est appelée saturnisme. Comme avec d'autres métaux, ils tentaient de le transformer en or grâce à des manipulations chimiques.

L'utilisation du plomb est aujourd'hui très réglementée pour éviter les empoisonnements. Les canalisations en plomb ont été depuis abandonnées : le plomb a ainsi été interdit pour la confection des tuyaux de distribution d'eau potable en Suisse dès 1914 mais bien plus tardivement dans les autres pays. La peinture au minium (avec du plomb) a aussi été prohibée pour la même raison.

Symbole	Son symbole est Pb , qui vient du latin <i>plumbum</i> .
Caractéristiques	Le plomb est un métal gris bleuâtre, blanchissant lentement en s'oxydant. Il se présente sous la forme d'un métal mou à température ordinaire.
Propriétés	Le plomb est très malléable, ductile et non corrosif ; on peut facilement le déformer et il fond à basse température, 327°C. Sa masse volumique est de 11 kg/litre (c'est-à-dire 11 fois plus que l'eau, à titre de comparaison, Ag = 10,4, Cu = 8,7, Fe = 7,8 mais l'or = 19,2).
Utilisation	Canalisation par le passé. La principale utilisation du plomb aujourd'hui est à chercher dans les batteries de voiture. Il était aussi utilisé sous forme d'alliage par les dentistes pour soigner une carie (le plombage, qui renvoie à la racine plomb). Il est capable d'absorber les rayons X et sert de protection contre les radiations en plaques métalliques.
Température de fusion	327 °
Alliage	En alliage avec l'étain et l'antimoine, il était utilisé pour la fabrication des caractères d'imprimerie. On l'appelle alors plomb typographique.



La galène donnera le plomb (CC)

6. Fer

Tiré du sous-sol, le fer est le métal le plus commun sur terre. C'est aussi l'un des métaux les plus importants, ayant donné son nom à un âge de l'humanité. Quelques traces archéologiques nous signalent que le fer était disponible dès le II^e millénaire avant Jésus-Christ chez les Hittites, dans l'Anatolie actuelle. L'histoire raconte que ces guerriers chauffaient leurs armes en fer à blanc pour se préparer au combat ; ils se sont finalement rendu compte que leurs armes devenaient ainsi de plus en plus résistantes aux chocs.

L'utilisation de ce métal va permettre de fabriquer des lames beaucoup plus longues et tranchantes. Les armes en bronze seront lentement remplacées par celles en fer. Ainsi la civilisation de la Grèce mycénienne, utilisant des poignards de bronze, va être détruite par les Doriens du XII^e siècle avant Jésus-Christ, qui forgent des épées en fer.

Fer et acier ont été les clés de voute de la civilisation. Les Hittites garderont jalousement le secret de la fabrication du fer pendant environ 400 ans, avant que ne s'effondre leur empire. Le début véritable de l'âge du fer est daté de 1300 avant Jésus-Christ pour les régions méditerranéennes et de 700 avant Jésus-Christ pour l'Europe occidentale, révolutionnant l'art de la guerre ainsi que l'agriculture. Beaucoup de peuples de la Méditerranée l'utilise : les Grecs, les Egyptiens, les Romains, les Carthaginois, et les Assyriens, et de là vers l'Asie où vers 600 avant Jésus-Christ la dynastie orientale de Chou inaugure en Chine le travail du fer.



**Casque en fer,
Confédération
Gaya, Corée, Ve
siècle** ©

L'acquisition de la métallurgie du fer est une étape importante dans l'histoire des sociétés, en particulier par son retentissement sur les techniques agricoles et son rôle dans la mise en place des pouvoirs. Il est certain que l'augmentation des quantités de fer produites et

la spécialisation dans l'organisation des sociétés ont dû influencer notablement l'évolution des pouvoirs et leur répartition. Dans les premiers temps, le fer était cinq fois plus cher que l'or et ses premières utilisations étaient également des ornements.

Le fer est rarement trouvé dans son état naturel ; les seules sources connues sont le Groenland, où le fer est présent sous forme de nodules dans le basalte. Très vite l'homme s'est aperçu que mélanger certaines quantités de carbone à ce fer le rendrait plus tranchant, plus résistant. Ce fut le premier acier. Le minerai de fer est en effet facilement réduit par le carbone. Toutefois, à des températures inférieures 700-800° C, il ne convient pas pour le ciselage. Pour ce faire, il doit atteindre des températures supérieures à 1100° C.

Le fer forgé a été la première forme de fer utilisé par l'homme : une masse spongieuse de fer mêlée à des scories, ensuite réchauffée et martelée pour expulser les scories, puis forgée dans la forme désirée. Il faudrait parler plutôt ici d'acier, car le fer sans un minimum de 2 % de carbone est inutilisable. En le chauffant, le carbone des foyers se mêle au métal, ce qui va rendre le fer plus solide. Sa fusion rend possible la fonte de fer, connu d'abord en Chine dès le premier millénaire avant le Christ mais qui n'arrivera en Europe qu'en plein Moyen Age.



Symbole	Son symbole chimique est Fe , du latin <i>ferrum</i>
Caractéristiques	Faible coût avec des propriétés mécaniques très intéressantes pour l'industrie. En revanche, le fer « rouille » facilement : son oxydation au contact de l'oxygène de l'air est rapide et conduit à sa destruction totale.
Propriétés	Conducteur Ferromagnétique
Utilisation	L'utilisation du fer débutera avec l'âge qui porte son nom et révolutionnera l'agriculture et les arts militaires. Le fer est également nécessaire à la vie : c'est un oligo-élément
Température de fusion	1538 ° C
Alliage	Avec du carbone (2 %), le fer donnera de l'acier Ses alliages avec le carbone (acier et fonte) se prêtent facilement à une production en masse.

Hématite, qui contient du fer (CC)



7. Mercure

Même s'il se présente sous une forme liquide, le mercure a toujours été classé parmi les métaux. Bien plus, pendant longtemps il était porteur du caractère métallique par excellence. Connu des Chinois depuis le 1er millénaire avant Jésus-Christ, le mercure y est considéré comme une drogue de longévité. En Europe, il est extrait en Toscane des mines du Monte Amiata par les Etrusques et les Romains, puis dans les mines d'Almaden en Espagne. Les alchimistes puis le corps médical le désignent sous le nom « vif-argent » et le représentent grâce au symbole de la planète Mercure, d'où son nom actuel. Il a la propriété unique d'être le seul métal liquide sur terre.

Son extraction est simplement effectuée par distillation, car les composés de mercure se décomposent à des températures modérées et se volatilisent facilement.

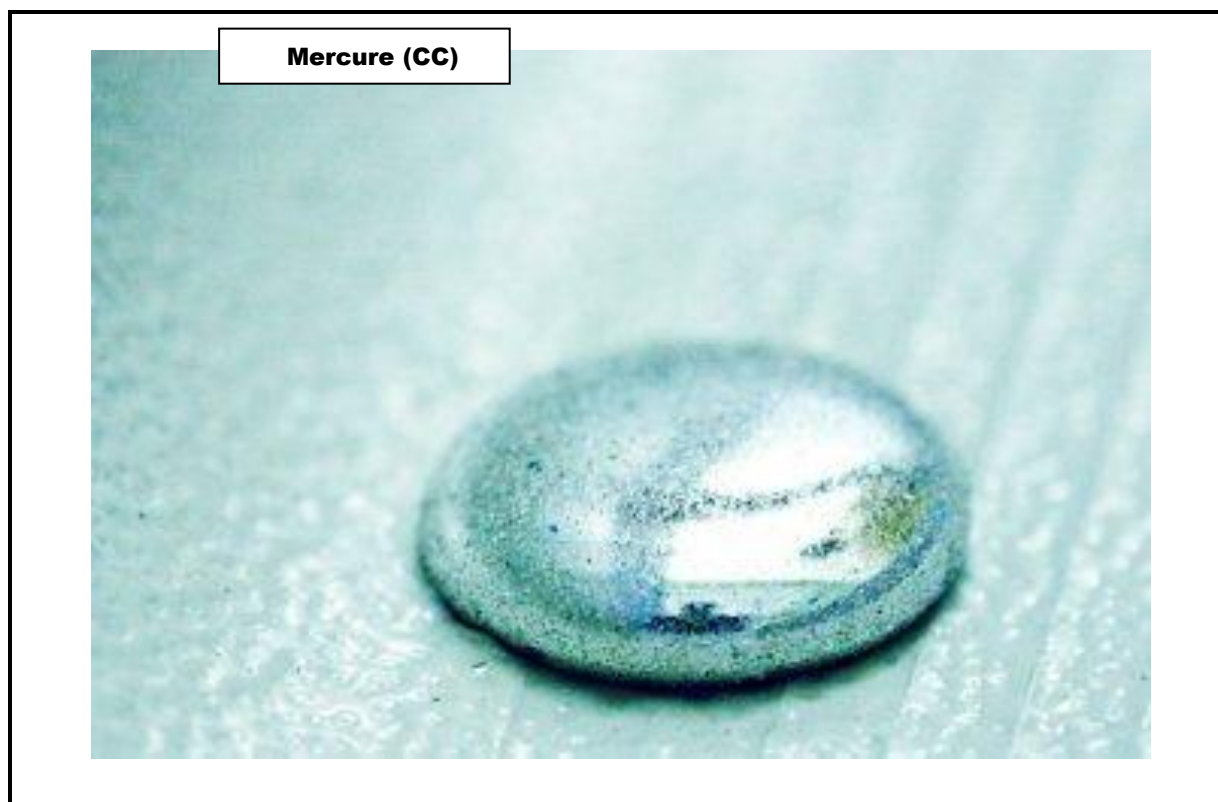
Le mercure a été largement présent dans les instruments de mesure, tels que les baromètres ou les thermomètres. Il est à la base de la fabrication du vermillon et forme un amalgame avec l'or qui permet la dorure sur métaux déjà décrite par Pline. Le mercure est un métal toxique : très volatil, il peut être inhalé facilement : le nitrate de mercure a rendu fou le chapelier d' *Alice au pays des Merveilles*. Il existe un fait scientifique derrière cette association entre chapellerie et folie, qui se retrouve dans l'expression populaire « travailler du chapeau » (« *as mad as a hatter* » en anglais). L'usage du mercure entrainé dans la préparation de matériaux utilisés pour la fabrication des chapeaux en feutre et rendait malade les chapeliers qui inhalaient les vapeurs dégagées par le procédé. Ceux-ci mouraient prématurément des dommages causés par le mercure et les symptômes en étaient un langage confus et une vision déformée, allant jusqu'aux hallucinations.



Illustration d'origine (1865), par John Tenniel du roman de Lewis Carroll, *Alice au pays des merveilles* ©

Le mercure est aussi très soluble dans l'eau et les corps organiques. Ses propriétés biologiques en tannerie et en médecine (notamment dans les traitements contre la syphilis jusqu'à l'emploi de la pénicilline au milieu du XXe siècle). La pollution occasionnée par le mercure est aujourd'hui bien connue et la plupart des pays réglementent son utilisation par les industries.

Symbole	Le mercure est un élément chimique simple dont le symbole chimique est Hg , du latin <i>hydrargyrum</i> qui signifie argent liquide.
Caractéristiques	C'est un métal argenté brillant dont la particularité est de se présenter sous forme liquide dans les conditions normales de température et de pression, conditions dans lesquelles il se vaporise toutefois assez aisément.
Propriétés	<p>Il possède, en tant que métal, les propriétés de conduction de l'électricité et de chaleur, et en tant que liquide, des propriétés qui lui sont particulières.</p> <p>Il possède une courbe de dilatation régulière et ne colle pas aux parois d'un tube, ce qui en fait un indicateur précis de température et de pression. De plus, il offre une bonne conductivité électrique. Enfin, il est stable chimiquement et est capable de former des alliages.</p>
Utilisation	<p>Grâce à son coefficient de dilatation thermique élevé, le mercure fut, dès le XVII^e siècle, utilisé pour la fabrication des thermomètres et baromètres.</p> <p>En chimie, on peut s'en servir comme amalgamant : le mercure est en effet un liquide qui dissout bien certains éléments, comme l'or. Les amalgames sont utilisés depuis la haute Antiquité. Il a été à la base de nombreuses technologies de placage.</p> <p>Egalement utilisé en pharmacie pour produire de nombreux remèdes, simples ou composés, qui dilué se retrouvait autrefois dans le mercurochrome.</p>
Température de fusion	-38,842 °C (point d'ébullition 356,62° C)
Alliage	Le mercure forme facilement des alliages avec presque tous les métaux communs à l'exception du fer, du nickel et du cobalt.



F. Les autres métaux

Outre ces sept métaux connus dans l'antiquité, bien d'autres seront découverts par la suite. Citons-en quelques-uns :

Le **zinc** était connu dès 1400 mais sous une forme minérale : la calamine. On va abondamment l'utiliser au Moyen Age en le mélangeant au cuivre pour obtenir un alliage : le **laiton**, qui sera employé pour créer des œuvres d'art : les dinanderies. Pratiquée dès le début du XI^e siècle dans la vallée de la Meuse, d'abord à Huy puis à Dinant (ville d'où cette discipline tire son nom), cette importante tradition d'orfèvrerie liturgique se répand dans tout le pays mosan et produit des châsses, reliquaires, croix, reliures d'une grande richesse (art mosan). Renier de Huy exécute, de 1107 à 1118, en laiton, les fameux fonts baptismaux de Saint-Barthélemy à Liège. Citons encore Godefroy de Huy, Nicolas de Verdun ou Hugo d'Oignies, orfèvres de grand talent qui cisèlent des œuvres délicates et raffinées dans cet extraordinaire alliage.

Ce n'est qu'en 1556 que l'existence du zinc est signalée dans le *De re metallica*, d'Agricola ; il faudra encore attendre 1738 pour que William Champion brevète le procédé de distillation de zinc, et qu'il devienne d'un usage courant (Auparavant, le zinc était importé de Chine et était connu sous le nom d'étain indien ou « pewter »).

Aujourd'hui, une grande partie de la production de zinc sert à la galvanisation (dépôt d'une mince couche de zinc sur le fer ou l'acier pour les protéger de la corrosion). La tôle galvanisée est très utilisée dans l'industrie automobile. On la retrouve aussi dans le secteur du bâtiment, notamment pour la confection de toitures, de conduits de chaufferie et de ventilation...



Liège (Belgique), Fonts baptismaux de Saint-Barthélemy (début du XIIe siècle) réalisés en laiton - Orfèvre: Renier de Huy 

Un autre métal natif est découvert dans les années 1500 au Mexique par les Espagnols : il s'agit du **platine** (qui vient de « plata », argent). On l'appelle à l'époque la « pierre inattaquable », car ce métal n'est abimé par aucun acide. A l'origine, il était interdit parce qu'il était simplement utilisé comme fonds pour des pièces recouvertes ensuite d'or. Il a fallu attendre les années 1800 pour que le platine soit largement utilisé. Ce métal a une couleur argent-blanc lorsqu'il est pur, il est malléable, ductile et très résistant à la corrosion. Sa résistance à l'abrasion et au ternissement font qu'il est apprécié en bijouterie.

Avant 1800, les métaux d'usage courant connus ont tous été réduits par le carbone ou l'hydrogène. La séparation des autres métaux nécessitera l'invention de la pile galvanique, fin du XVIII^e siècle. Le tableau ci-dessous reprend les métaux et les dates de leur découverte² :

² <http://neon.materials.cmu.edu/cramb>

Métaux découverts au XVIII^e siècle
Cobalt 1735/ 1751 nickel/ Bismuth 1753/ 1774 manganèse/ 1781 molybdène/ 1782 tellure/ 1783 tungstène/ 1789/ uranium 1789 zirconium/ titane 1791/ 1794 yttrium/ 1797 béryllium/ chrome 1797
Métaux découverts au XIX^e siècle
Niobium 1801/ 1802 tantale/ 1803 iridium, palladium, rhodium/ 1807 potassium, sodium/ 1808 du bore, baryum, calcium, magnésium, strontium/ 1814 cérium/ 1817 kithium, cadmium, sélénium/ 1823 silicium/ 1827 aluminium/ 1828 thorium/ 1830 vanadium/ 1839 lanthane/ 1843 erbium, terbium/ 1844 ruthénium/ 1860 césium, rubidium/ 1861 thallium/ 1863 indium/ 1875 gallium/ 1878-1885 holmium, thulium, scandium, samarium, gadolinium, praséodyme, néodyme, dysprosium/ 1886 Germanium/ 1898 polonium, radium/ 1899 actinium
Métaux découverts au XX^e siècle
Europium 1901/ 1907 lutétium/ 1917 protactinium/ 1923 hafnium/ 1925 rhénium/ 1937 technétium/ 1939 francium/ 1945 prométhium/ éléments 1940-61 transuraniens/ neptunium/ plutonium/ curium/ américium/ berkélium/ californium/ einsteinium/ fermium/ ménélevium/ nobélium/ lawrencium

Parmi tous ces métaux, on en trouve un qui est devenu aujourd'hui particulièrement important : l'**aluminium**. Celui-ci n'existe dans la nature qu'à l'état composé et il est extrait d'une roche, la bauxite, dans laquelle il est mélangé à divers éléments, dont l'oxygène.

En 1880 est mise au point la technique de l'extraction de l'aluminium par électrolyse, c'est-à-dire un processus rendant possible la séparation d'éléments chimiques par passage de courant électrique. Peu dense, résistant et quasiment inaltérable, nous le rencontrons quotidiennement dans les emballages où il garantit une protection optimale contre l'humidité et les ultraviolets. L'aluminium est également un métal essentiel pour l'industrie des transports, du bâtiment (cadres de fenêtres, portes...) et de l'aérospatiale.



G. Histoire de la métallurgie

La métallurgie est l'ensemble des industries et des techniques qui assurent la fabrication des métaux. Son développement va modifier profondément l'histoire humaine. Elle nécessite une parfaite maîtrise du feu ! Précisons que peuvent coexister au même moment des stades techniques différents selon les pays et les régions, mais aussi qu'une technique nouvelle ne chasse pas l'autre : pour preuve, on continue à travailler le bronze aujourd'hui même si d'autres métaux et alliages ont entretemps été découverts. C'est au Moyen Orient que sont coulés les premiers bronzes, au IV^e millénaire, alors que l'Europe occidentale n'entrera dans l'âge du bronze que 2000 ans plus tard. Pensons aussi à l'Amérique qui ne connaîtra le fer qu'avec l'arrivée des Conquistadores.

1. ÂGE DU CUIVRE à partir de 4000 avant Jésus-Christ

À côté de l'or, travaillé initialement par martelage, un autre métal pouvant être facilement façonné dans la nature existe à l'état pur : le cuivre.

Quelques communautés néolithiques commencèrent dès le Ve millénaire avant notre ère à utiliser des couteaux et des faucilles fabriquées en cuivre au lieu de la pierre taillée. Ces outils ont l'avantage de durer plus longtemps et d'être plus tranchants. Cette période intermédiaire entre l'âge de la pierre (quand toutes les armes et les outils sont en silex) et le premier alliage (l'âge du bronze) est appelée la période chalcolithique, du cuivre *chalcos* et de *lithos*, pierre.

Pourquoi s'est-on mis à utiliser ce métal ? Un accident a peut-être conduit à découvrir ses propriétés. On peut imaginer qu'un objet en cuivre (un minerai, voire un bijou par exemple) soit tombé dans un feu de camp, provoquant sa fusion ; il va se resolidifier en refroidissant et adopter une forme nouvelle en devenant plus résistant et tranchant. On en déduira que, lorsque ces pierres (l'azurite et la malachite, deux des minerais de cuivre) sont chauffées à une température élevée, un métal liquide en découle et qu'une fois refroidi il reprend un aspect solide en épousant les contours d'un moule.



Atelier de bronzier. Age du Bronze final, 10e-9e siècle av. J.-C. (dessin Musée cantonal d'archéologie et d'histoire, Lausanne)

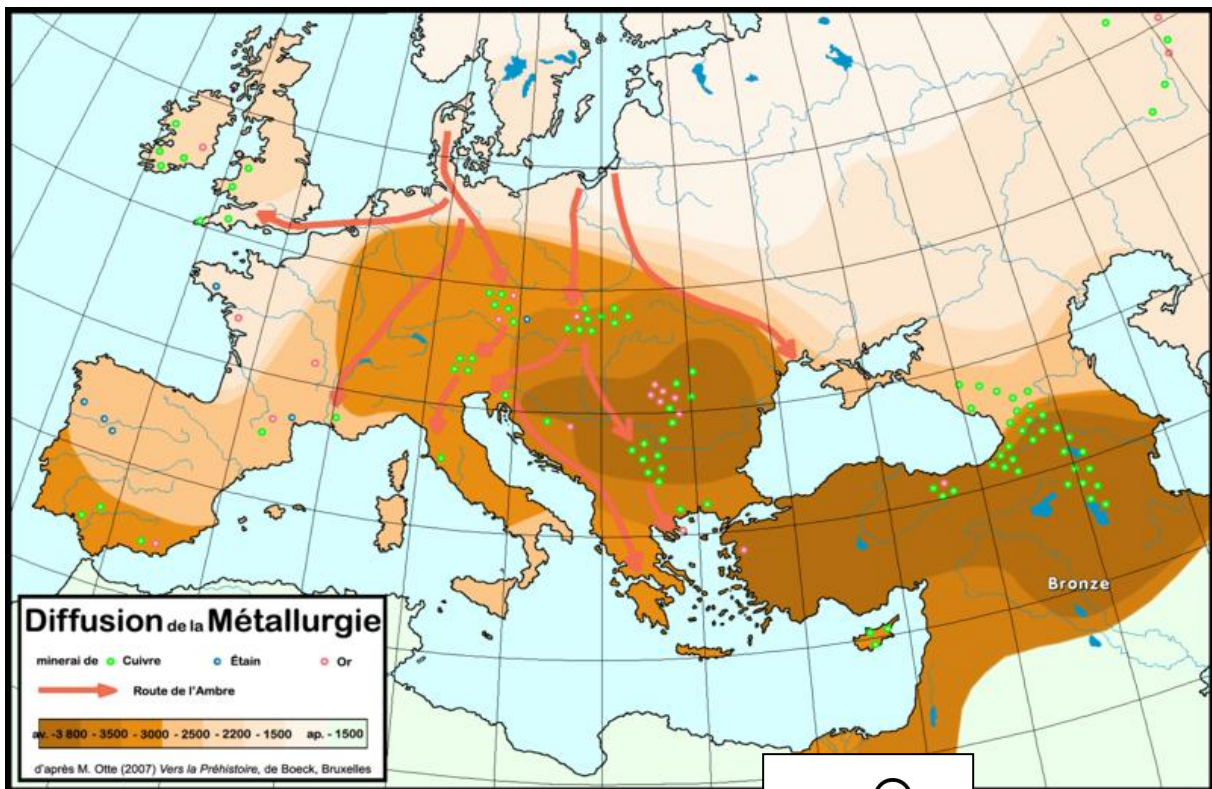
L'utilisation du feu et du métal rend donc possible deux avancées significatives dans le développement de la métallurgie: la coulée, c'est-à-dire le déverser dans des moules préparés, et la fonte de minerais pour extraire ce métal. Des objets faits de cuivre fondu ont été découverts par des archéologues en Iran et datent de 3800 avant notre ère.

Si beaucoup de minerais (or, argent, cuivre) se trouvent en surface, ils le sont en quantité limitée. Tout naturellement, ces premiers métallurgistes vont poursuivre le filon métallifère sous terre conduisant inévitablement à une autre avancée technologique - le développement de l'exploitation minière.

Les premiers mineurs sont signalés à partir du IV^e millénaire, creusant à flanc de colline à la recherche du minerai de cuivre, par exemple à Rudna Glava, dans les Balkans, haut lieu de la culture dite « Vinca », mais aussi dans le Sinaï. Considéré comme un vol, des offrandes sont offerts à la déesse mère en compensation de ce sacrilège. Des creusets disponibles sur le site montrent que la fusion est réalisée dans le cadre même du processus d'exploitation minière.

2. ÂGE DU BRONZE (environ -1.800 à – 800 avant Jésus-Christ)

Un incident similaire autour d'un foyer a peut-être aussi conduit au premier alliage et on découvrira qu'une lame de bronze présente un bord plus tranchant que le cuivre en tenant plus longtemps. Ce mélange cuivre/étain sera si important que toute une période de la civilisation portera son nom : l'Age du Bronze.



La technologie du bronze s'est d'abord développée au Moyen-Orient : à Sumer et à Ur, vers 2800 avant notre ère, en Anatolie peu après. Elle se propage ensuite de façon

spasmodique à l'Est, dans la vallée de l'Indus vers 2500 avant Jésus-Christ, et vers l'ouest à travers l'Europe, aux environs de 2000 avant Jésus-Christ. En Chine, la technique d'alliage atteindra un niveau de sophistication sans précédent. A partir de 1500 avant Jésus-Christ, la dynastie des Shang produira des objets en bronze exceptionnels.

Gardons néanmoins à l'esprit que seules les classes dirigeantes utilisent le bronze comme produit de luxe ou comme arme d'élite. Le paysan ou l'artisan emploiera longtemps encore des objets quotidiens en silex, l'Age de la pierre survivant ainsi au cœur même de celui du Bronze. L'alliage se généralise véritablement après 1500.

L'utilisation du bronze entrainera la création de liens commerciaux durables: si la première métallurgie du cuivre ne s'est développée que dans les zones disposant de gisements de cuivre, l'âge du bronze se développe dans des régions dépourvues de minerais de cuivre ou d'étain. C'est le cas de la Mésopotamie (Sumer et Ur) où sont très certainement coulés les premiers bronzes. Le cuivre, acheminé sans doute sous forme de minerai, provient de Jordanie, des montagnes de la chaîne du Taurus, ainsi que Chypre, d'Arabie du sud voire même de l'Inde par le Golfe Persique. Devant la demande importante d'étain, un métal beaucoup plus rare que le cuivre, des contacts sont établis avec des régions productrices lointaines comme les Cornouailles (premier millénaire avant Jésus-Christ). A noter que la route de l'étain, passant en Gaule et empruntant le Rhône, fait partie des objectifs de la conquête de Jules César, qui veut sécuriser cette voie commerciale. Enfin, l'or arrive aussi par le Golfe arabo-persique et des montagnes du nord (Taurus). L'Egypte, par contre, est plus favorisée que la Mésopotamie puisque de nombreux métaux vulgaires ou précieux s'y trouvent.

Chaudron de bronze, IIIe siècle avant Jésus-Christ, © Musée archéologique de Viuz-Faverges.



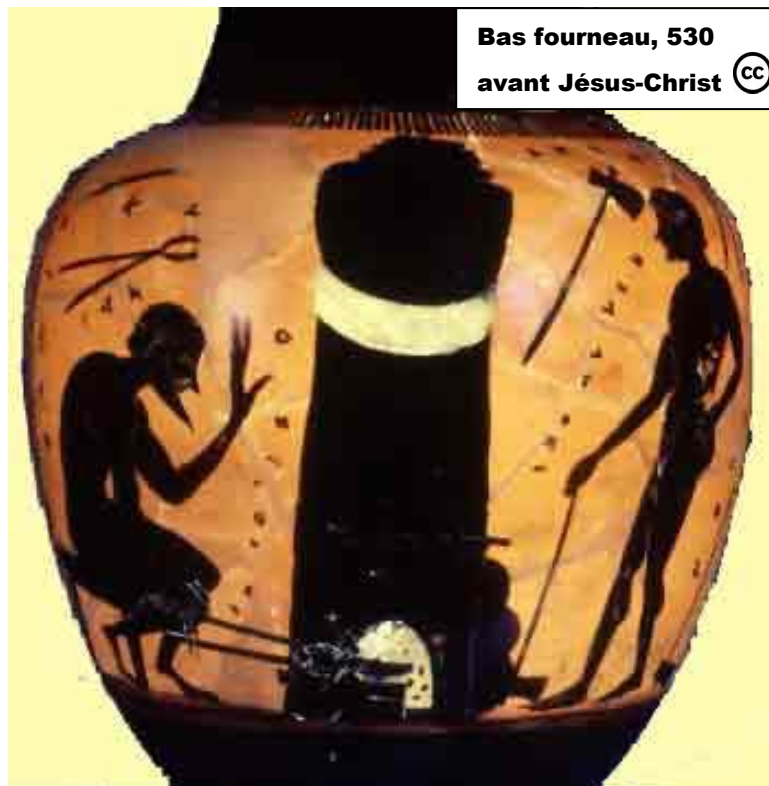
Les liens entre maîtrise des métaux et progrès de civilisation sont bien réels et dépassent les simples relations commerciales : par exemple, la fabrication de haches en cuivre permettra de couper d'avantage de bois, de creuser le sol plus profondément et donc d'augmenter les ressources disponibles. La naissance de la métallurgie sera d'ailleurs contemporaine de deux autres innovations capitales pour le développement de l'humanité : l'invention de la roue et la charrue. A cela il faudrait ajouter la spécialisation des activités de production. Le travail du métal nécessite dorénavant des artisans, mineurs ou forgerons, et des


marchands qui exercent leur activité, du fait de la complexité ou de la durée, à plein temps. Il faut donc que d'autres personnes leur fournissent en échange subsistance et bientôt protection. C'est le début d'une hiérarchisation sociale qui va marquer les prochains millénaires.

3. ÂGE DU FER (vers 1200 av. J.-C. dans le monde méditerranéen, vers 800 à 700 av. J.-C. dans le nord de l'Europe).

Le développement suivant dans la métallurgie implique le fer, qui est certes le métal le plus abondant à la surface de la terre mais qui est beaucoup plus difficile à travailler que le cuivre ou l'étain. En effet, sa température de fusion est plus élevée (environ 1.500°C contre 1000°C pour le cuivre). Les forgerons se contenteront longtemps de le chauffer et de le marteler pour chasser les impuretés.

Dans sa forme simple, le fer est moins dur que le bronze, et donc n'est initialement pas utilisé comme arme. Quelques objets en fer datant d'avant 2000 avant Jésus-Christ ont été trouvés par les archéologues en Asie Mineure (perles, une bague, des lames), mais il faut attendre 1500 avant Jésus-Christ pour que le travail du fer se généralise. Les Hittites sont les premiers à le travailler, en Anatolie, vers 1250 avant Jésus-Christ.



Bas fourneau, 530 avant Jésus-Christ 

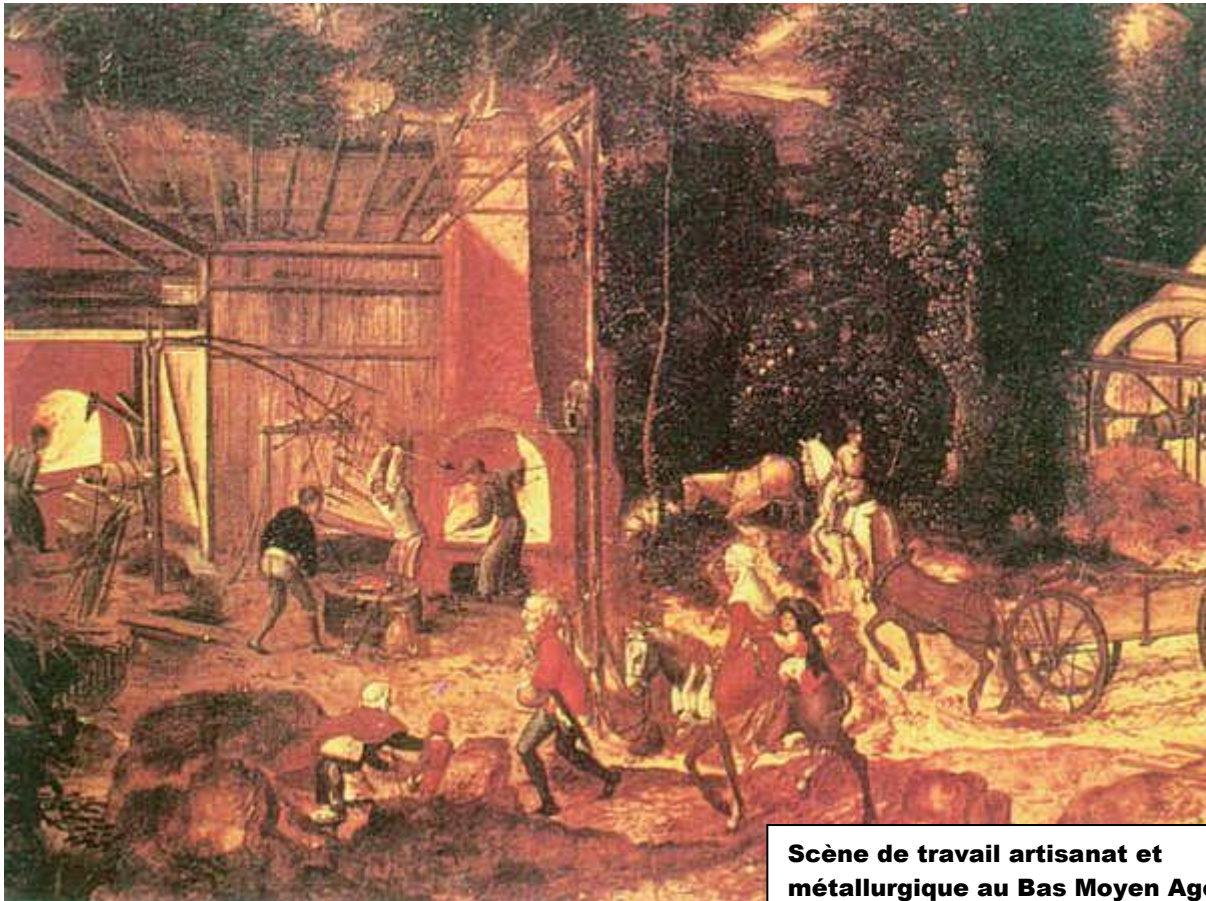
De cette époque datent les premiers bas-fourneaux, qui sont modelés sur les fours de potiers. En chauffant, ils permettent d'éliminer l'oxygène du minerai et ainsi obtenir un métal plus pur. Très tôt dans l'histoire, on découvre que le fer peut être grandement amélioré s'il est chauffé dans un four à charbon de bois (contenant du carbone), et durant la cuisson une partie de ce carbone est transféré au fer. L'effet est d'autant plus important si on abaisse la

température rapidement, par exemple en jetant le métal en fusion dans l'eau : il s'agit de l'acier trempé !

Il peut être travaillé (ou «forgé») tout comme le fer doux, et sera plus fin et solide, puisqu'on élimine les scories par martelage. Les techniques de fabrication et l'utilisation de l'acier vont se répandre à des vitesses différentes selon les régions. Mais jusqu'à présent, on se contente de chauffer le fer et de le marteler et jamais de le fondre. En effet, son point de fusion (1528° C) est trop élevé pour les fours primitifs, qui peuvent à peine atteindre 1300° C. Les Chinois développent très tôt un four assez chaud pour atteindre la température de fusion, ce qui donnera la fonte de fer (vers 513 avant Jésus-Christ). Ils l'utilisent notamment pour les piliers de pagodes et par là ont plus d'un millier d'années d'avance sur le monde occidental, puisqu'on inaugurerait cette technique dans l'Angleterre du XIIe siècle. La fonte sera plus cassante quand soumise à une pression extérieure

4. DEVELOPEMENT DE LA METALLURGIE

Les haut-fourneaux apparaissent en Occident à la fin du Moyen Age et permettent d'obtenir de la fonte de fer, c'est-à-dire la fusion d'un alliage de fer et de carbone (2 à 5 %). Des températures plus élevées que 1500°C peuvent y être obtenue grâce à des soufflets, actionnés par des roues hydrauliques.



Scène de travail artisanat et métallurgique au Bas Moyen Age, d'un auteur allemand.

© F. Cardini, Europa, 1492 

Pourtant, jusqu'au début du 18e siècle, une considération pratique va limiter le travail sidérurgique. Pour produire de la fonte du fer, d'énormes quantités de charbon de bois sont nécessaires, engloutissant des forêts entières. Un haut-fourneau consommait en moyenne 200 hectares en 6 mois et il y en avait plus de 10 dans la Principauté de Liège seulement. En outre, il fallait entre quinze jours et trois semaines pour fabriquer le charbon de bois car la combustion devait être très lente pour éviter d'obtenir uniquement des cendres. Mille kilos de bois fournissaient seulement 250 kilos de charbon de bois.

Outre ce danger de déforestation, l'absence de rivières au débit suffisamment haut peut aussi ralentir la production. L'eau est en effet essentielle pour faire tourner les moulins qui actionnaient les soufflets alimentant le haut-fourneau en oxygène : le plus vieux haut-fourneau de Belgique à Gonrioux-lez-Couvin, (1693) mesure huit mètres et ne fonctionne que six mois par an (d'octobre à mars), uniquement en période de crue des rivières.



**Travail du métal,
XVIe siècle ; *Eigentliche
Beschreibung aller tände
auf Erden, hoher und
niedriger, geistlicher und
weltlicher, aller
Künsten, Handwercken
und Händeln*, par Amman
and Hans Sachs/
Frankfurt am Main / 1568**



Ces problèmes obligent les sidérurgistes à trouver un nouveau produit pour remplacer le charbon de bois : il s'agit du coke, mis au point en 1709 par un Anglais, Abraham Darby mais qui ne sera utilisée dans nos régions qu'à partir de 1826 dans l'usine de John Cockerill. Le coke est combustible provenant de la carbonisation ou de la distillation de la houille. En d'autres mots, on obtient un carbone quasi pur en éliminant les goudrons et les essences du charbon de terre par chauffage en absence d'oxygène. La cuisson peut durer entre 16 et 40 heures en fonction de la qualité recherchée. Durant cette "cuisson", le mélange de houilles enfourné est transformé en coke par élimination des matières volatiles, puis par transformation physique. Les houilles sélectionnées pour les cokeries dites « charbons à coke » se transforment, à une certaine température, en une pâte plastique avant de se re-solidifier à une température supérieure. Le coke permettra d'atteindre des températures beaucoup plus élevées que le simple charbon, mais a un gros désavantage : aujourd'hui on sait que sa mise en œuvre est extrêmement polluante.

La région de Severn en Grande-Bretagne devient le centre de production de fer dans les premières phases de la révolution industrielle. Les hauts fourneaux s'affranchissent ainsi

de leurs deux freins séculaires : le bois et la rivière. Dorénavant, ils se trouveront à proximité des mines de charbons et plus au cœur des forêts.



5. PUDDLAGE ET LAMINAGE

En 1783 et 1784, **Henry Cort** (1740-1800), un maître de forges anglais, dépose deux brevets d'une importance durable dans l'histoire de la métallurgie.

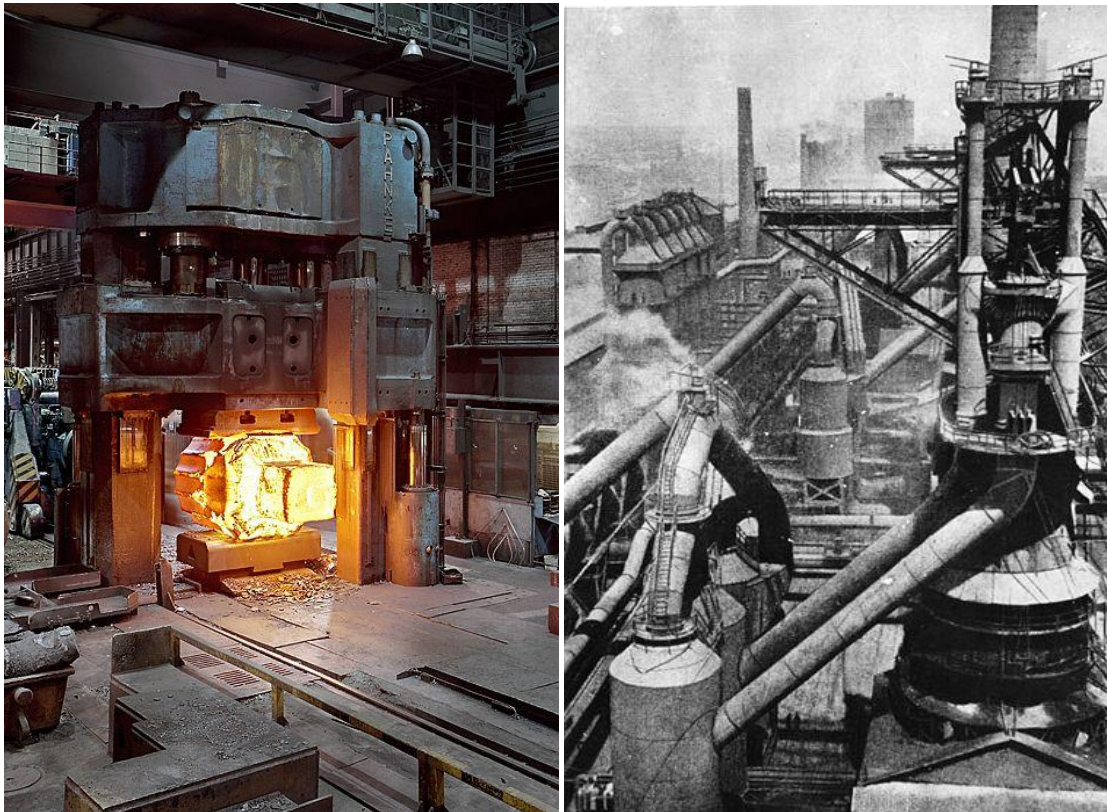
Le premier concerne une technique connue sous le terme de « puddlage » : il s'agit d'un four en mouvement, qui secoue le fer en fusion pour faciliter le mélange de l'air au métal. Contrairement à la fonte cassante, ce métal obtenu est plus solide et malléable, ce qui se révélera utile dans le développement industriel.

Le second brevet concerne une machine pour faire sortir des morceaux de métal en fusion entre des rouleaux rainurés. Il réussit à obtenir des barres gérables sans le laborieux processus de martelage. Son dispositif est à l'origine des laminoirs, usines standards de l'industrie sidérurgique. A la fin du 18^{ème} siècle, les premiers laminoirs vont être mis au point. Ils permettront d'écraser des barres de fer rouges (+/- 1250°C) pour les transformer en tôles fines et plates.

Il faudrait encore citer **Henry Bessemer** (1813-1898) inventeur du procédé d'affinage industriel de la fonte pour fabriquer de l'acier (1855) qui porte son nom et qui s'imposa partout

en Europe en raison de son faible prix de revient. Le procédé repose principalement sur l'élimination des impuretés contenues dans une masse de fer fondue en l'oxydant avec de l'air soufflé. L'oxydation élève également la température de la masse de fer, ce qui la maintient à l'état liquide. Son invention fut le point de départ de la production industrielle massive de l'acier.

L'industrie lourde wallonne (mines, sidérurgie, métallurgie, verrerie...) a connu un très fort développement au XIX^e siècle, surtout dans les bassins de Liège et Charleroi. La Belgique est alors la première nation industrielle du continent. Cependant le déclin s'amorce dans la première partie du XX^e siècle. Les premières fermetures de mines en 1958 et plus tard la crise de la sidérurgie (qui s'est cependant entièrement modernisée et restaurée), ont entraîné une crise importante en Wallonie.



En 2007, la Chine produit un tiers de l'acier mondial et attire 50 % des exportations du minerai de fer. Les bénéfices de l'ensemble des entreprises chinoises de sidérurgie ont atteint 17 milliards d'euros en 2007. De nos jours, de nombreuses recherches se font sur les traitements appliqués aux métaux plus que sur la préparation de ceux-ci, notamment sans passer par des hauts-fourneaux.

CONCLUSION

De cette revue de l'évolution de la métallurgie, il apparaît que les techniques pour extraire les métaux se sont affinées au cours de l'Histoire, entraînant la découverte d'autres éléments. L'application de ces découvertes se fera lentement et à des vitesses différentes selon les régions. Gardons à l'esprit que les applications scientifiques des procédés arrivent souvent longtemps après la technique.

BIBLIOGRAPHIE

BAUDET J.C., *Penser la matière. Une histoire des chimistes et de la chimie*, Paris : Vuibert, 2004

HALLEUX R., *Le problème des métaux dans la science antique (Bibliothèque de la Faculté de Philosophie et Lettres de l'Université de Liège, fascicule CCIX)*, Paris, 1974

LAFFERTY P., *La matière : la molécule dans tous ses états*, Gallimard Jeunesse, coll. « Passion des sciences », 1993

LASSANCE W., *La métallurgie à travers les âges et le Fourneau Saint-Michel. Trois mille ans de l'histoire du fer*, Andenne : Rémy Magermans, 1973.

Les Cahiers de la Fonderie, nr 9 : *L'art du métal*, 1990, 48 pages illustrées.

MOHEN J.P., *Métallurgie préhistorique*, Paris : Elsevier-Masson, 1997

MOHEN J.P., *Préhistoire et Métallurgie*, Paris, 1987

ROUTHIER P., *Voyage au monde du métal : inventions et aventures*, Paris : Belin, 1999.

DESPAUX L., *Les métaux au temps de la préhistoire*, Mouans Sartoux : PEMF, 2001

LIENS

<http://cm1cm2.ceyreste.free.fr/paulbert/page1.html>

<http://www.futura-sciences.com>

Sauf mention spéciale, toutes les images et photos de ce dossier sont sous licence Creative Commons 

II. LE METAL. PROLONGEMENT

Nous proposons ci-dessous une série d'activités à réaliser en classe, en prolongement de la visite à La Fonderie. Le professeur trouvera des documents destinés aux élèves, suivi du corrigé des exercices.

- 1. Créer une fiche objet**
- 2. Liens objets / métaux**
- 3. Ligne du temps des premiers métaux**
- 4. Activité « corrosion »**
- 5. Activité « vocabulaire », expressions liés aux métaux**

