



HAL
open science

Terminologie minière et métallurgique des auteurs de l'Antiquité, des alchimistes et des minéralogistes jusqu'à Haüy (1743-1822)

Jean R. Maréchal

► **To cite this version:**

Jean R. Maréchal. Terminologie minière et métallurgique des auteurs de l'Antiquité, des alchimistes et des minéralogistes jusqu'à Haüy (1743-1822). Travaux du Comité français d'Histoire de la Géologie, 1980, 1ère série (29-31), 16 p. hal-00951474

HAL Id: hal-00951474

<https://hal.science/hal-00951474>

Submitted on 24 Feb 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

TRAVAUX
DU
COMITÉ FRANÇAIS D'HISTOIRE DE LA GÉOLOGIE
- Première série -
(1980)

Jean R. MARECHAL
Terminologie minière et métallurgique des auteurs de
l'Antiquité, des alchimistes et des minéralogistes
jusqu'à [Haüy](#) (1743-1822)

COMITÉ FRANÇAIS D'HISTOIRE DE LA GÉOLOGIE (COFRHIGEO) (séance du 11 Juin 1980),

Les idées des Anciens sur les métaux en général et les minéraux nous paraissent parfois relever de la pure fantaisie et pourtant elles devaient avoir leurs origines dans l'observation de la nature, mais aussi dans les idées préconçues qu'ils avaient de cette nature, c'est ainsi qu'ils avaient le même nom pour l'or mêlé d'argent et l'ambre (orichalque), le plomb et l'étain (plumbum).

Malheureusement, les étymologistes et les linguistes n'ont trop souvent que peu de formation technique dans ce domaine et il a fallu que certains s'attèlent à cette étude; tel que le jeune chercheur du F.N.R.S. [Robert Halleux](#) qui malgré sa formation en philologie classique s'est documenté en technique chimique, métallurgique, etc, et avec qui nous avons eu de longs entretiens à Liège et à Paris.

Nous devons cependant signaler l'oeuvre immense de l'Allemand Hugo Blümner qui, dès 1887 publiait sa fameuse "*Technologie und Terminologie des Gewerbe und Kunste bei Griechen und Römern*", resté le livre de base que l'on peut encore consulter, malgré les progrès de la philologie et de l'histoire des sciences et des techniques depuis 100 ans.

R.C Bailey a traduit et commenté vers 1932 les chapitres relatifs à la chimie de Pline, mais nous avons reconnu ses insuffisances.

[R.C. Bailey, The elder Pliny's chapters on chemical subjects, Londres, 1932](#)

En 1938 paraissait la traduction française de l'important livre de T.A. Rickard : "Plan and metals" dont les chapitres sur les Athéniens et leurs mines d'argent et sur les mines des Romains en Espagne et en Grande Bretagne ont apporté des données précises sur certains textes.

[A. Rickard, L'homme et les métaux, Gallimard, Paris, 1938, Cap.VI à VIII.](#)

R.J. Forbes a entrepris ensuite de vastes recherches sur l'histoire des techniques anciennes qu'il a condensé dans une série de volumes intitulés "Studies in ancient technology", dont le 8° est consacré à la métallurgie dans l'Antiquité.

[R.J. Forbes, Studies in ancient technology, volume VIII : Metallurgy in Antiquity, réimprimé et révisé sur la première édition de 1964 en 1971, E.J. Brill, Leyds.](#)

Le Professeur R.F. Tylecote de l'Université de Durham (King's Collège de Newcastle upon Tyne) a réalisé nombre d'expériences métallurgiques et publié deux ouvrages synthétiques en 1962 et en 1976 (2),

[R.F.Tylecote, Metallurgy in archaeology, Londres, 1962 et A history of metallurgy, publié par The metals society, 1976, Londres.](#)

Le Professeur M.McKerrel de l'Université d'Edimbourg a surtout réalisé de très intéressantes expériences technologiques sur les métaux protohistoriques, aidée par son assistantes américaine Miss Ethel Eaton. Les Américains se sont engagés également dans l'histoire de la métallurgie, dont le plus connu est certainement le professeur Cyril Stanley Smith de l'Université de Technologie du Massachusetts à Cambridge (USA), bientôt

suivi par les professeurs Robert Maddin (orientaliste) et J.D.Muhly du département métallurgique de l'Université de Pennsylvanie, et le jeune chercheur Prentiss S. de Jésus d'abord à l'Université d'Ankara en Turquie et actuellement à celle de Londres.

Parmi ces nombreux chercheurs russes et polonais, nous citerons surtout le professeur I.R.Selimkhanov de l'Institut d'Histoire de Bakou qui a analysé nombre d'objets du Caucase et de l'Azerbaïdjan et J. Piaskowski de Cracovie. En Allemagne, après la tentative de Hugo Blümner d'expliquer la métallurgie antique par les auteurs grecs et romains et de confronter les textes classiques avec les données scientifiques et techniques de l'époque, de nombreux universitaires et chercheurs de toutes sortes ont poursuivi avec plus ou moins de succès cette enquête, mais il manque encore un ouvrage définitif alliant les connaissances métallurgiques suffisantes à l'érudition nécessaire, rarement cultivée par les techniciens connaissant les procédés en question.

L'enquête lexicale de [Robert Halleux](#) sur l'origine du mot METALLUM qui implique une recherche profonde le long d'un filon, ou d'une couche métallifère après l'exploitation superficielle antérieure.

[R.Halleux, Le problème des métaux dans la science antique. Les Belles Lettres, 1974.](#)

Le mot grec metallon signifie proprement mine, c'est-à-dire cavité souterraine d'extraction. Le plus souvent, il est employé au pluriel, parce que les galeries souterraines sont généralement nombreuses et complexes et qu'une exploitation est rarement isolée. Les Attiques emploient souvent METALLA en parlant des mines du Laurion. Il s'agit, souvent de mines d'argent, mais plus souvent encore de mines d'or, car pour les mines de cuivre ou de fer les termes sont moins nombreux et généralement différents.

On pourrait croire à première vue que METALLON est réservé aux mines métalliques, mais depuis Hérodote il peut désigner des mines de sel, d'argile, de soufre et même de pierres et de marbre, ainsi donc ce mot n'est pas lié à une catégorie de produits naturels, mais plutôt à une forme particulière d'exploitation du sol par galeries, il correspondrait aux mots allemands de Bergwerk ou de Grubbe, lieux où l'on extrayait pierres, minerais ou métaux.

[F. Matz, H.G.Buchholz, Archaeologia homerica, Göttingen, 1968, p.1.](#)

Le mot latin METALLUM attesté à partir de Varron (116-27 a.C) et depuis ses références sont innombrables. Il désignait également l'endroit où on extrayait l'or, l'argent, le cuivre, le fer, le plomb, la minium, l'orpiment, le réalgar, l'alun, le soufre, la craie, la sélénite, le marbre et des pierres. Mais il n'y a nulle part trace d'un sens original de métal, dans le sens actuel de ce mot,

L'étymologie de METALLUM est indécise. Pline nous dit que les Grecs emploient ce mot pour désigner le fait que là où l'on trouve une veine, il y a non loin une autre, tandis que Eustache le grammairien byzantin du XIIe siècle écrit que les METALLA ont été appelés ainsi parce qu'ils ont été inventés après toutes les autres choses: c'est seulement quand tout fut arrangé à la surface du sol que les hommes entreprirent en un deuxième temps de creuser la terre et abandonnèrent sa surface pour s'attaquer à ses entrailles dans l'idée qu'ils avaient là aussi quelque chose à gagner. D'après plusieurs auteurs le sens premier de METALLON aurait été "lieu de recherche parmi ou après les autres"? D'après O.Lagercrantz il signifierait "ce qui se trouve dans la montagne", à moins qu'il faille chercher l'étymologie dans une langue étrangère ? On a pensé à une langue préhellénique peut-être pélasgique ? Le toponyme MATALA très ancien, désigne une falaise côtière trouée de galeries située au Sud de la Crète. On voit combien les recherches linguistiques sont hasardeuses dans le domaine de la métallurgie !

C'est seulement au IV^e siècle que se manifeste en Grèce le besoin de désigner d'une façon globale la production minière. [Aristote](#) distingue deux catégories de produits du sol : les minéraux non métalliques et les métaux, mais il ne fait pas de distinction terminologique entre le minerai et son produit, le métal.

Le mot METALLON a tardé très longtemps à prendre le sens actuel de métal, une évolution sémantique est souvent lente et partielle, c'est ainsi qu'on dit encore mine de plomb pour le graphite d'un crayon, ce qui est un vestige de l'ancienne minéralogie française où on désignait par le mot mine le minerai et de plus c'est l'aspect du graphite qui a fait confondre celui-ci avec le plomb. Il y a de nombreux exemples de ces termes prêtant à confusion et certains viennent de l'interprétation des traducteurs de l'ouvrage de Pline. Nous verrons plus loin quelques exemples.

Un exemple classique vient du traité pseudo-aristotélicien "DE PLANTIS" dont le texte grec a été refait à la Renaissance d'après une traduction latine d'Alfred de Sareshel, elle-même faite sur un original arabe dérivé d'un trait grec de Nicolas de Damas. Que de difficultés à rétablir le bon sens des termes techniques !

Les appellations des auteurs de l'Antiquité sont une source de confusion encore accentuée par des termes tirés de Pline ou autres écrivains anciens et appliqués souvent indûment à des espèces minéralogiques ou métallurgiques, Il y a donc toute une exégèse de cette littérature.

Cependant, on peut apercevoir dans ces anciens écrits transmis plus ou moins fidèlement par des scribes du Moyen-Age, des échos et des reflets de faits d'observation remontant à la préhistoire, même si ces idées nous paraissent parfois singulières, et qui peuvent reposer sur des constatations réelles telle que la croyance à la croissance des métaux, ou à leur sexe !

Nous avons mentionné ailleurs la façon dont les métaux peu oxydables paraissent sortir des terres surmontant les filons sulfureux ou arsenicaux, qu'on appelle "Chapeaux de fer" et, après un premier écrémage, peuvent réapparaître ultérieurement comme s'ils avaient poussé. Ces observations bien connues des prospecteurs et des mineurs paraissent justifier ces croyances... à première vue invraisemblables.

L'hylozoïsme de Thalès attribuait une vie analogue aux plantes ou aux animaux, aux minéraux et aux métaux, et comparait les nodules présents dans des géodes à l'embryon dans le sein de la mère. Un vocabulaire minéralogique était emprunté à l'obstétrique et classait les pierres en mâles et femelles. Il y avait donc une continuité entre l'organique et l'inorganique comme dans certaines théories modernes. Des conceptions sur la constitution de la matière se sont succédées au cours de l'évolution de la pensée grecque, par exemple la théorie des pores d'Empédocle, la théorie atomique de Démocrite et de Platon, celle de la double exhalaison d'[Aristote](#).

Le traité qui nous a intéressé le plus était celui de Théophraste dont nous ne connaissons que des fragments infimes. De même l'oeuvre de Straton nous aurait aidés dans la connaissance des conceptions de ces successeurs d'Aristote à la tête du Lycée, malheureusement il n'en reste plus rien.

Dans la deuxième moitié du III^e siècle a.C. on allie les connaissances empiriques des artisans et les conceptions atomistiques à tendance corpusculaire.

C'est Lucrèce qui a popularisé l'idée plus ancienne de l'invention de la métallurgie à la suite d'un incendie de forêt.

A l'époque alexandrine la recherche physique sur la matière se ralentit et on se contente désormais pendant un certain temps de recettes et d'applications techniques ou médicales. Pline en donne à profusion et se fait l'écho de bizarreries plus que de considérations vraiment scientifiques. Cependant son "Histoire Naturelle" contient maints renseignements inestimables si on prend la peine de bien le comprendre et d'en faire un examen critique. Il s'inspire parfois de Bolos de Mendès, le principal représentant de la doctrine des sympathies et antipathies.

C'est à l'époque alexandrine et romaine que l'on commence à mettre en rapport les métaux avec les astres, croyance qui aura une grande influence au Moyen-Age et à la Renaissance.

En général, ces mélanges de recettes et de spéculations occultes sont faussement attribuées à Démocrite,

D'après les alchimistes, l'élément constitutif des métaux serait le mercure, auquel on ajoutera peu après le soufre (base de la combustibilité) et au XVI^e siècle, un troisième élément, le sel, sous l'influence de Paracelse.

En somme, les considérations de la science antique ont faussé jusqu'à nos jours l'histoire de la métallurgie qui résulte plus de la pratique et de l'habileté des artisans qui, évidemment étaient souvent incapables de mettre leurs procédés par écrit. Les écrivains ne pouvaient, en conséquence, que décrire des choses qu'ils n'avaient pas faites. De plus, les explications théoriques, peut-on dire scientifiques ne venaient qu'après les découvertes empiriques.

Pour en revenir sur la signification des termes employés par les auteurs de l'Antiquité classique qui a fait l'objet de tant d'érudition parfois vaine à grand renfort de citations grecques ou latines, il y a eu vers le milieu du siècle passé, une discussion passionnée entre des érudits sur la signification du mot "electrum", l'un en faisant un métal ou un alliage et l'autre un émail, car les Anciens employaient parfois le terme de "metallum" pour des matières non métalliques, telles que le verre ou l'ambre.

On voit par là, combien la sémantique peut présenter des difficultés pour l'explication des termes anciens dont la signification a d'ailleurs souvent varié au cours des âges. Et cela est encore plus vrai pour les langues orientales qu'elles soient sémitiques ou indo-européennes.

Pour nous en tenir à Pline et à ses successeurs, on a la possibilité de discuter sur des termes tels que stannum et stagnum, argentum et argentarium et combien d'autres, susceptibles de confusion et d'erreurs,

Il exista plusieurs variétés d'aes :

- aes regulare : cuivre affiné, malléable et ductile ;
- aes caldarium : cuivre brut ;
- aes coronarium ; cuivre malléable de Chypre et battu en feuille ;
- aes rudi : cuivre brut contenant jusqu'à 22 et 25% de plomb ;
- aes candidum : laiton contenant jusqu'à 40% de zinc ;
- aes colletane ; cuivre de récupération.

Certains métaux changent de nom avec le temps : par exemple, l'étain qui s'appelait "plumbum album" ou "plumbum candidum", devient "stannum" du temps d'Avienus (IIIe siècle de notre ère).

La litharge s'appelait galena du temps de Pline et devient molybdene pour [Agricola](#) (XVIe siècle de notre ère).

H. Le Bonniec appelle bronze de Corinthe trois sorte d'alliages d'or, d'argent et de cuivre qui ne sont que l'electrum à teneurs variables en ces éléments.

La question de l'orichalque a soulevé beaucoup de controverses, mais si on se réfère à Pline on doit reconnaître que ce métal était naturel; mais que ses sources en étaient épuisées depuis longtemps, car selon les termes de cet auteur "la terre était lasse d'en enfanter" (Livre XXXIV, 3-4), ce qui corroborait notre hypothèse que le grillage des terres métallifères (argento-jarosite, cérusite, or, etc..) surmontant les filons et les amas sulfureux riches en métaux précieux ne donnaient plus de ces globules d'alliages de cuivre-argent-or à proportions variables suivant le cas ; blanc si l'argent dépasse 50%, fauve s'il est inférieur à cette teneur et présentant de plus en plus l'aspect de l'or au fur et à mesure que sa teneur s'abaisse.

Cet alliage triple commence à jaunir par la présence de cuivre à partir de 40% Cu (Pf=830°). Le cuivre maintient la couleur blanche, même pour des teneurs inférieures en argent :

	Au	Ag	Cu
or blanc	75 %	15 %	10 %
or plus blanc	75	17	8
or très blanc	75	19	6

L'or à 18 carats, c'est-à-dire à 75 % Au est rouge, lorsque le complément est le cuivre, mais jaunit si celui-ci diminue au profit de l'argent.

	Au	Ag	Cu	Tf
or rouge	75 %	25 %	880°	
or rougeâtre	75	5	20	
or jaune	75	12,50	12,50	
or rose	75	20	5	

Si le complément est uniquement l'argent, l'or est dit vert ;

75	25	-	1060°
70	30	-	1050°

Naturellement, au fur et à mesure que ces alliages précieux devenaient plus rares, on a cherché à les remplacer par des métaux de même teinte et on y est arrivé en fabriquant du laiton, c'est-à-dire en introduisant du zinc par fusion réductrice en présence de calamine ou de cadmie et on a remplacé les anciens alliages d'abord partiellement par ce nouvel alliage qui pris d'ailleurs le même nom d'ORICHALQUE.

[Jean R. Maréchal. La fabrication du laiton avant la découverte du procédé Dony d'extraction du zinc, Bulletin scientifique de l'Association des Elèves des Ecoles spéciales, n°1, novembre 1938, Liège, pp.1-13.](#)

C'est ce que firent les successeurs de César après avoir écumé la Gaule de ses trésors thésaurisés depuis longtemps par les prêtres et le numéraire dont les Gaulois se servaient avant l'occupation et la spoliation romaine.

On vit alors des sesterces, des dupondius remplacer les belles pièces en alliage précieux.

[Jean R. Maréchal, Kleine Geschichte von Messing und Zinc, Editions Otto Junker GMBH, Lammersdorf Uber Aachen, Octobre 1957, pp. 212-235](#)

Nous pensons que ce nouvel orichalque qui n'est qu'un faux or était connu bien avant du peuple qui occupait les gisements de la Vieille Montagne aux environs de la ville actuelle d'Aix-la-Chapelle et les Francs qui envahirent la Gaule et lui donnèrent le nom actuel de France.

[Edouard Salin](#), La civilisation mérovingienne, 3^e partie : les Techniques, Paris, 1957 avec analyses de Jean R. Maréchal.

Ceux-ci l'employèrent pour fabriquer leurs bijoux et leurs objets de quincaillerie, dont on a retrouvé tant d'exemplaires dans leurs tombes (4).

Jean R. Maréchal, La présence du zinc dans les bronzes romains, gaulois et germaniques et les débuts de la fabrication du laiton. Actes du premier colloque international d'Etudes gauloises, celtiques et protoceltiques, Chateaufort, dép. Cher, 5-9 juillet 1960 et repris en supplément dans OGAM-TRADITION CELTIQUE, n° 73-75, 9161, pp. 265-270.

Il faut cependant reconnaître que les connaissances de Pline sont encyclopédiques et si parfois il s'y mêlent trop souvent des extravagances, il faut se reporter à l'état de la science de son temps.

En ce qui concerne la métallurgie proprement dite, il était d'autant plus difficile d'en saisir les arcanes, qu'elle était l'apanage d'une caste monopolisant en quelque sorte les procédés d'extraction des métaux qui prirent à l'origine une forme religieuse ou magique pour mieux cacher ses secrets. De plus, la matière première vint de plus en plus loin au fur et à mesure que les gisements métropolitains s'appauvrirent.

Du fait que les gisements métallifères se présentaient souvent dans les régions montagneuses couvertes de forêts et parfois même près de volcans, il s'est créé tout un corps de légendes et de récits mythologiques sur les génies métallurgistes tels que les Dactyles du Mont-Ida, les Cimmériens du nord de l'Europe, les nains mineurs (Kobolds, Zwerges, etc...) du Harz ou de l'Erzgebirge.

Le forgeage du métal incandescent devint l'attribut de Vulcain et des Cyclopes fabriquant des armes divines.

Le manque de connaissances physico-chimiques et thermodynamiques des premiers traducteurs, souvent des hellénistes ou latinistes éminents, et le fait qu'ils ont demandé des éclaircissements à des professeurs de métallurgie qui enseignaient les procédés modernes tout-à-fait différents, ou même à des ingénieurs praticiens ne connaissant plus les anciens procédés, ont donné lieu à des assertions souvent inexactes et à des confusions entre les différentes sortes de fours employés aux siècles passés, tels par exemple entre les petits fours volants à cuve, utilisés avant l'invention de la fonte et les bas-foyers transformant les gueuses de fonte en fer et même avec les foyers à catalane où on dirigeait l'air soufflé par des outres ou plus tard, par des soufflets en éventail dirigés au-dessus de l'amas de charbon et de minerais.

De même, en ce qui concerne l'emploi de fondants, alors qu'ils étaient inutiles dans les tout premiers fours à cuve n'utilisant que des minerais peu siliceux, mais à fortes teneurs en fer et où cette silice se saturait de fer pour former des silicates fusibles (scories) qui s'accumulaient sous le four dans des fosses aménagées exprès ou pouvaient même s'écouler à l'extérieur. Il n'était donc pas nécessaire et même c'était préjudiciable de rajouter des pierres siliceuses comme le suppose le commentateur D.E. Eichholz pour expliquer l'emploi cité par Aristote et son successeur, Théophraste, de pierre pyramaque (pyrimachus) et de pierre meulière (milia lithos). L'addition de silex citée par certains n'a pu se faire sans danger de projection violente, à moins de le pulvériser en poudre inoffensive, ce qui nous ferait qu'augmenter les pertes en fer de l'opération.

L'addition de fondant n'est vraiment intéressante que dans les hauts fourneaux, où la température est suffisante pour liquéfier complètement la scorie qui devient alors un "laitier".

Le grand métallurgiste français Jules Garnier a été un des premiers à établir d'une façon logique et scientifique un bref aperçu de l'histoire du fer dans son livre paru en 1878 [Jules Garnier, Le fer, Paris, Hachette, 1878] et ce n'est vraiment que tout récemment qu'on étudie avec la collaboration de techniciens spécialisés et sous la direction de l'éminent archéologue tchèque Radomir Pleiner, les techniques de la sidérurgie ancienne.

Un "Comité pour la sidérurgie ancienne a été constitué en 1986, dont M. R. Pleiner est le secrétaire. Un bulletin donne la résumé des travaux et études consacrées à cette branche de l'histoire des techniques. Des symposiums ont été organisés, le premier à Schaffhouse en 1870, ensuite à Eisenstadt en Autriche en octobre 1975=

Plus récemment, Jacques RAMIN a décrit les techniques minières et métallurgiques des Anciens à la lumière des textes qui nous en sont restés [Jacques Ramin, La technique minière et métallurgique des Anciens, Latomus, Revue d'Etudes latines, Bruxelles, 1977]. Il expose la géographie historique dans la littérature gréco-romaine [J. Ramin, Littérature gréco-romaine et géographie historique, Mélanges offerts à Roger Dion, Ed. Picard, Paris, 1974, pp. 417-437] et tente de résoudre le problème des Iles Cassitérides [J. Ramin, Le problème des Cassitérides et les sources de l'étain occidental depuis les temps protohistoriques jusqu'au début de notre ère. Ed. Picard, Paris, 136 pages et 3 cartes] ; il dit que d'après [Strabon](#) la traversée (à partir évidemment de la

Méditerranée) est plus longue pour s'y rendre qu'en Bretagne; cela peut signifier qu'elles sont plus éloignées, c'est-à-dire au-delà des contrées connues des Romains [id. p. 81].

Ce qui est bien notre avis, car comme le bronze a été connu dans l'Europe centrale et septentrionale avant de l'être en Méditerranée, on peut concevoir que les Cassitérides sont situées dans un archipel septentrional, soit probablement l'archipel danois où le nombre des objets en cet alliage découverts est extraordinairement élevé surtout à l'Age du Bronze Moyen, soit de 1500 à 1100 a.C suivant la chronologie classique, mais qui serait nettement plus ancien selon les datations actuelles : peut-être 2000 à 1700 a.C. [C.Burgess The Bronze Age, Current Archaeology, mars 1970, n°90, pp.208-215].

Comme les premiers bronziers n'utilisaient pas l'étain métallique, mais se servaient de son oxyde (appelé actuellement cassitérite) comme appoint pour réaliser le bronze, par fusion réductrice, le terme cassiteros utilisé par exemple, par Homère et Hésiode peut signifier autre chose qu'étain ?

Jean R.Maréchal, Application de la thermodynamique à l'explication de la métallurgie ancienne, Report of the ancient Mining and Metallurgy committee, Man, vol.LXIII, article n°43, mars 1963, p.35.

L'Iliade est le premier texte, qui nous soit parvenu dans lequel ce mot dont on ne connaît pas l'origine, est mentionné, Il l'est à plusieurs reprises notamment lors de la description des jambières d'Achille, du bouclier d'Agammemnon et du char de Diomède. Helbig a pensé que ce terme pouvait ne pas signifier étain et Bailly dans son dictionnaire grec-français affirme que ce terme de Kassiteros signifiait primitivement un mélange d'argent et de plomb ce qui montre bien qu'il avait un sens originel différent de celui qu'on lui donne encore actuellement, c'est-à-dire étain.

Quant aux Iles Cassitérides, c'est Hérodote qui les mentionne pour la première fois, mais Pline qui pense que le mot cassiteros désigne bien le plomb blanc traite de fables les récits grecs relatifs aux îles de l'océan Atlantique, où on va le chercher. Il situe plus exactement les gisements de ce métal en Lusitanie et en Galice (Histoire naturelle, livre XXXIV, 156, XLVII (16)).

On a également confondu les lieux d'origine et ceux de transit, c'est pourquoi nous avons émis l'hypothèse que ces îles mythiques ont pu se situer au Danemark. L'archipel danois étant le lieu privilégié du commerce du bronze aux débuts de sa fabrication et à l'Age du Bronze Moyen.

Jean R.Maréchal. Un monopole du bronze à l'époque préhistorique et son entrée dans la légende, communication du 23 janvier 1965 à l'Académie des Sciences, des Arts et Belles Lettres de Caen, pp. 9-18 des Mémoires.

Le Pseudo-Aristote et Scymnus de Chio parlent d'étain celtique, mais ce dernier situait les îles Cassitérides, comme les Electrides au fond de l'Adriatique ce qui est une transposition comme on en fait tellement au cours des siècles. Le "chemin" de l'étain et de l'ambre aboutissait en effet à une certaine époque à Aquilea à l'Ouest de Trieste et on confondait l'Eridan avec le Po (Jean R.Maréchal, Le commerce de l'ambre dans l'Antiquité, Techniques et Civilisations, 23, 1956, Vol.V, n° 4,pp.129-148). Cette désignation de celtique était normale car les anciens géographes, tel que Erathostène par exemple, situaient les Celtes dans le Nord de l'Europe. On sait maintenant qu'ils venaient des bords de la Mer du Nord et par conséquent, occupaient primitivement le Jutland avant les Cimbres et les Teutons. C'est à notre avis, une erreur encore partagée par les Celtisants actuels de croire que les Celtes ont influencé les habitants du Danemark, et que le célèbre chaudron en argent de Gundestrup trouvé dans une tourbière danoise a été fabriqué en dehors de cette région, dans un atelier plus méridional, parfois de la basse vallée du Danube (A.Grenier, Les Gaulois, Petite Bibliothèque Payot, Paris, p, 240). C'est une coutume typiquement nordique de jeter des objets rituels dans les lacs (transformés depuis en tourbières). On a attribué aux Scordisques la confection de ce magnifique vase orné de motifs religieux typiquement celtiques pour la raison qu'ils possédaient des mines d'argent (H.Hubert, Les Celtes depuis l'Epoque de la Tène et la Civilisation Celtique L'Evolution de l'Humanité, Albin Michel, Paris, XXXbis, 1950, p. 74), mais il ne faut pas oublier que les Scandinaves en avaient aussi (district de Kongsberg, de Sala, etc.), et que l'Ecosse possédait le gisement de Hilderstone dans le West. Lothian.

Jean R.Maréchal, La production d'argent au Moyen-Age et ses conséquences sur l'orfèvrerie, la bijouterie et le monnayage, communication au V° Colloque international d'Archéologie médiévale, le 6 octobre 1979, p. II.

Il est remarquable que ce sont les Belges qui quittèrent les premiers le Danemark, bientôt suivis par les Cimbres et les Teutons dont les chefs portaient des noms celtiques.

Les Belges sont vraiment le prototype de ces peuples que l'on dit être des Germains, terme relativement récent,

notamment les Eburons, Nerviens, Trévires et qui portent des noms celtiques, Ils ne sont vraisemblablement qu'une fraction de l'immensité des peuples du Nord et que l'on pourrait appeler Européens septentrionaux ?

Henri Hubert, Directeur à l'Ecole des Hautes Etudes a mis en valeur dans son cours remarquable le rôle et l'importance des Belges souvent confondus dans l'ensemble gaulois.

H.Hubert ; les Celtes depuis l'époque de la Tène et la Civilisation celtique collection de l'Evolution de l'Humanité, XXIbis, Ed. Albin Michel, 1950.

Par leurs infatigables pérégrinations les mercenaires belges ont eu connaissance de multiples procédés techniques et ont propagé leurs connaissances métallurgiques dans les pays qu'ils ont traversés ou occupés, telle les Iles Britanniques, où les Atrébates, Durotriges et autres peuplades ont frappé des pièces de monnaie que les spécialistes anglais appellent de type "Gallo-Belgic" en alliages or-argent-cuivre [R.F.Tylecote, Métallurgy in archaeology, Londres, 1962, pp. 157-159 et table 57. Voir aussi de même auteur : A history of metallurgy, publiée en 1976 par The Metals Society, p. 50 - tableau 34].

Mais l'argent prit la prépondérance par un nouveau procédé d'isolement de ce métal à partir de minerais cupro-plombifère, par une sorte de raffinage primitif suivi d'une oxydation des métaux plus altérables, laissant les autres notamment l'argent et aussi l'or sur le fond de la sole de ce qu'on a appelé une coupelle.

Ce nouveau procédé appelé "coupellation" dont on attribue généralement l'invention aux Grecs a généralisé le monnayage de l'argent pur ou presque pur et a fait la richesse d'Athènes. [Jean R.Maréchal, Histoire de la métallurgie, V Argent et plomb, Ogam, n° 58; 59, juillet-octobre 1958, pp.246-258, fig.18 à 22. Voir aussi notre note sur un produit métallurgique découvert à Alet en Bretagne provenant d'un raffinage primitif à paraître dans le n°7 des Dossiers du Centre régional archéologique d'Alet, à partir de novembre 1979]

Les peuples d'origine belge du sud de l'Angleterre ont pratiqué postérieurement ce même procédé dont on a retrouvé des vestiges à Silchester (Calleva), Hengistbury Head dans le Hampshire et même plus au Nord, à Wroxeter dans le Shropshire (Viroconium). S.Scheers a rectifié la chronologie monétaire des Ambiens, peuple prépondérant dans l'hégémonie belge et a étudié son numéraire dès le III^e siècle a.C. dans le second volume du Traité de Numismatique celtique de Colbert de Beaulieu [S. Scheers, Traité de numismatique celtique, II La Gaule Belgique, Annales littéraires de l'Université de Besançon , n° 195, 1977]. La monnaie en alliage à forte teneur en or fit place à partir de la conquête romaine à celle en argent et en bronze et ensuite en laiton ou faux or.

L'argent servit de plus en plus à la frappe de la monnaie dans le nord de l'Europe. Les anciens Germains croyaient que ce métal, de même que l'or d'ailleurs, se régénérât.

Jean R.Maréchal. Anciennes croyances relatives à la croissance des minerais, Métaux-Corrosion-Industries, n°380, avril 1957, pp. 181-182.

R.Halleux, Fécondité des mines et sexualité des pierres, dans l'Antiquité gréco-latine, Revue belge de Philologie et d'Histoire, t.XLVIII, 1970, n° 1, Bruxelles, pp.16-25

Les anciens Grecs le pensaient aussi et déjà dans l'Iliade, on cite le pays lointain Alybe où naissait l'argent.

Homère, L'Iliade, chant II,, trad.P.Mazon, Collection des Universités de France.

Si nous passons à la terminologie relative au fer certains auteurs tels que A. Persson et F.Ribezzo ont rapproché de "sidus" "sideris" qui signifie astre en latin, le mot grec "sideros". Par contre, L.Deroy le rattache à une racine "side" rouge que l'on trouve dans le grec "sidê" et "sandarakê", peut-être par allusion à la couleur rouge de l'oligiste ?

En celtique le fer est désigné par le mot "isarnos" et est passé sous la forme de "eisarn" en gothique et "eisen" en allemand moderne. Le mot celtique se rattacherait au vieux terme indo-européen "aiz" et comme les premiers Indo-Européens ne connaissaient pas encore le fer, ce terme désignerait plutôt le cuivre comme le latin "aes" et le sanscrit "ayas" ? Il faut ajouter que ce mot de "aes" est lui-même imprécis en ce sens qu'il peut désigner un cupro-plomb (aes rude des Romains), ou un laiton (aes candidum), ou enfin un bronze à l'étain ou même un alliage de cuivre, d'or et d'argent (corinthium aes de Pline) [Pline l'Ancien, Naturalis Historiae, livre XXXIV, §8]. L'histoire du commerce des métaux tirée de ces rapprochements étymologiques a été traitée par Vittorio Bertoldi [V.Bertoldi, Colonizzazioni nell'antico fiediterraneo occidentale alla luce degli aspetti linguistici, Naples, 1950]. Pline dit que les minerais de fer se trouvent presque partout et en cela, il a raison, si l'on sait que les Anciens utilisaient surtout des formations superficielles en nodules ou en géodes répandues dans les couches "sidérolithiques" de décalcification du Crétacé qui se sont surtout formées aux premiers temps de l'ère tertiaire.

Les Etrusques et les Romains ont cependant exploité l'oligiste plus compact de l'île d'Elbe, aussi Pline distingue-

t-il plusieurs sortes de fer : soit un métal mou comme du plomb, soit un fer cassant qu'on doit bien se garder d'employer à la fabrication des roues et des clous, soit un fer qui ne convient que pour de menus objets, par exemple des clous de chaussures militaires. Certains fers sont d'après lui plus sujets à la rouille [Pline, §142-143]. Tous ces fers s'appelaient "structurae" terme qui vient de l'expression "stringere aciem" qui signifie travailler le fer à la forge pour le durcir. Pline distingue les procédés de traitement des minerais, notamment pour obtenir un métal dur et tranchant ou bien pour réaliser un métal compact pour des enclumes et des têtes de marteau, mais pour lui la différence capitale provient de l'eau qui sert à tremper l'acier. Bilbilis et Turiasso en Espagne et Côme en Italie sont célèbres pour cette raison, bien qu'il ne s'y trouve pas de mines de fer. C'est une croyance encore répandue de nos jours que la qualité de l'eau de trempe fait la valeur de l'acier.

Il place le "fer sérique" en premier et ensuite le "fer parthique" qui seraient d'après lui les seules espèces de fer dans la composition desquelles n'entre que de l'acier pur, car toutes les autres contiendraient un mélange d'acier et de fer plus doux. Cependant, il n'existerait dans la totalité du Monde romain que çà et là, un filon de fer de cette qualité, dans le Norique par exemple. [Pline, *Naturalis Historiae*, livre XXXIV, §145]

Le fer sérique a été vanté également par Paul Orose qui vivait au V^e siècle de notre ère. On voit sur la carte de Ptolémée (150 de notre ère) la "Serica scythiae" entre la "Scythia" et la "Sinae" avec deux villes Issedon scythique (Yarkand) et Issedon serica (Hotan). On y voit aussi une autre Sera, plus à l'Est, à la limite de la "Serica" et de la "Sinae" sur le Hoang-Ho (Ho-nan ?). C'est la "Sera Hetropolis" à la limite du monde connu des Romains. Comme de nombreux auteurs placent les Issedons près du lac Baïkal, on pourrait supposer que ce serait des Yakoutes du groupe des Paléosibériens ou tout au moins en relations commerciales avec eux. Les couteaux forgés par les Yakoutes sont d'une qualité exceptionnelle, à tel point que d'après le savant russe E.W. Pfizenmayer on ne peut découper la peau des mammouths retrouvés gelés en Sibérie qu'avec ces lames douées d'une telle flexibilité, malgré leur dureté qu'elles ne se rompent jamais. Le professeur Pfizenmayer avait apporté de Saint-Petersbourg entr'autre matériel de dissection, un grand nombre de couteaux d'acier qui tous cassèrent l'un après l'autre au cours de la dissection du cadavre de mammouths. Les couteaux en acier forgés par les Yakoutes sauvèrent la situation. Une autre confirmation réside dans le fait (d'après Pline) que les Sères envoyaient également leurs peaux dans l'Empire romain et l'on sait que la Sibérie est célèbre pour la beauté des fourrures qu'elle fournit encore actuellement.

Quant au fer parthique, on peut admettre qu'il venait d'Afghanistan; où existent quantités de très bons minerais de fer [O.Herbert, *Die Erzlagerstätten Afghanistan*, Internationale Bergwirtschaft, 1926]. Les Parthes, ancien peuple scythique s'établirent d'abord dans le Khorassan et créèrent au III^e siècle a.C. un puissant royaume en Iran qui résista aux Romains et ne devint partie de l'Empire que peu de temps pendant le règne de Trajan. Les Huns Hephtalites qui leur succédèrent ont été aussi connus pour la qualité de leurs aciers.

A.Zeki Validi, *Die Schwerter der Germanen, nach arabischen Bericht des 9.-19. Jahrhunderts*, *Zeitschrift der Deutschen Morgenlandischen Gesellschaft*, Bd.90, Heft I, pp. 19-37.
Die Nordvölker bei Biruni, id., pp. 38-51.

C'est l'étude métallographique des objets métalliques qui peut apporter des précisions sur l'évolution des procédés en parallèle avec les textes anciens. Ce n'est pas toujours facile et l'on constate parfois des observations inattendues : par exemple, la présence d'azote dans de vieux fers se manifeste au microscope par des aiguilles de nitrure.

Cette "nitruration" durcissait le fer comme montré par la tête de marteau destinée à fragmenter les morceaux de quartz stannifère du gisement de cassitérite d'Abbaretz en Bretagne. Généralement, c'est le phosphore qui donnait une certaine dureté au fer pur tel que les anciens sidérurgistes fabriquaient au four à cuve primitif répandu dans toute l'Europe avant les Romains. C'était surtout le carbone qui par cémentation superficielle, permettait au fer d'avoir un tranchant efficace comme dans les poignards et les épées de l'Age du Fer. On a pu constater par examen métallographique au microscope que bien souvent, les tranchants des armes étaient durcis par cette opération relativement facile à réaliser, en chauffant au rouge le métal recouvert d'un ciment souvent constitué par du charbon de bois pilé en une poudre fine. Certains forgerons savaient par leur habileté carburer le fer dans leurs foyers en modérant la température par un excès de charbon, ce qui pouvait cimenter le fer, malheureusement d'une façon assez irrégulière. On a retrouvé nombre d'objets forgés de cette façon dans les fouilles exercées sur les anciens sites métallurgiques.

Il est évident que le départ des Romains a souvent provoqué la disparition d'usines importantes nécessaires à leurs besoins civils et militaires. Comme les nouveaux envahisseurs étaient eux-même en possession de procédés perfectionnés, ils reprirent possession de quelques centres industriels et en établirent de nouveaux.

En dehors de l'Empire, les Germains exploitaient des gisements de cuivre, d'étain, de plomb et d'argent et fabriquaient du fer et même de l'acier, d'une certaine qualité. L'or était également très recherché, souvent dans les alluvions de certains cours d'eau : Rhin notamment.

Les moines contribuèrent également à l'exploitation de concessions accordées par des princes ou des seigneurs.

Par les textes, on ne connaît guère l'évolution des arts du métal. En ce qui concerne l'orfèvrerie, on possède un manuscrit écrit vers la fin du XI^e siècle par un moine appelé Théophile : "Diversarum Artium Schedula". On y trouve des recettes utilisées à son époque par les orfèvres et les fondeurs de cuivre.

Ce sont souvent de simples recettes destinées par exemple à imiter l'or, l'argent, les pierres précieuses ou même la pourpre du pseudo-Démocrite et des papyrus chimiques de Leyde et de Stockholm où il s'agit toujours de changer la couleur d'un métal de moindre valeur par une cémentation superficielle obtenue avec des matières organiques ou minérales. Il n'y a rien de bien valable dans ces recueils.

Le moine THEOPHILE, probablement orfèvre de l'abbaye bénédictine de Helmershausen-an-der-Diemel, au XII^e siècle, distinguait deux sortes d'alliage : l'AES laiton contenant de l'étain et du plomb et l'AURICHALCUM, vrai laiton pauvre en plomb et ressemblant à l'or que Théobald traduisait par EDELMESSIG.

[Agricola](#) est un esprit autrement intéressant et valable, car il établit une nouvelle liste des métaux qui auparavant se limitait au nombre des astres connus par une correspondance que les commentateurs hellénistiques ou romains avaient repris d'idées très anciennes avec les seuls sept métaux qu'ils connaissaient. Le mercure ou argentum vivum devient le mercurius tandis que l'electrum reconnu comme un alliage est exclu par les alchimistes. C'est la découverte du bismuth et de l'antimoine reconnus comme métaux par cet auteur allemand du XVI^e siècle dont le véritable nom est Georg BAUER (1494-1555). Ce dernier est le fondateur d'une nouvelle minéralogie qui fut ensuite renouvelée par A. [Gottlob Werner](#) deux cents cinquante ans plus tard (1750-1817). Plusieurs métallogénistes et minéralogistes ont écrit dans la seconde moitié du XVIII^e siècle des ouvrages très intéressants sur les gisements métallifères d'Allemagne centrale. Nous citerons F.L. Cancrinus, descendant d'un huguenot français de Cancrin, ainsi que le C. Chassat de Florencourt, J.C.W. Charpentier, J.C.W. Voigt et J.F. Gmalin publièrent à la même époque d'autres recueils minéralogiques et miniers. Ce fut René Just [Haüy](#) (1743-1822) qui créa la cristallographie scientifique en France, tandis que [Réaumur](#) (1683-1757) avait déjà réussi à faire de l'acier par cémentation et à adoucir la fonte (fonte malléable) et que Lavoisier (1743-1794) renouvela complètement la chimie et en fit une science exacte remplaçant les conceptions erronées de G.E. Stahl (théorie du phlogistique). Nous signalerons encore les travaux de E. Swedenborg (1683-1772) sur l'art du fer et ses conceptions sur la cristallisation des corps remarquables pour l'époque.

La terminologie minière et métallurgique du Moyen-Age et des Temps Modernes avant les découvertes de Lavoisier et de Haüy est souvent tirée du grec, du latin ou des anciennes langues germaniques, parfois même, mais plus rarement du celtique comme MINA (?).

La signification de certains termes est différente du sens actuel. C'est ainsi que "mine" signifie minerai, tandis que le lieu d'extraction était plutôt "minière".

Ce sont surtout les mineurs saxons qui ont répandu en Europe la terminologie germanique partout où ils ont été souvent appelés par les princes ou les seigneurs pour exploiter leurs richesses minérales :

bismuth (Wismut)

blende

cobalt (Kobalt) sous la forme cobolt dans Savary (1723)

fahlerz

feldspath (Saussure, 1773)

matte (Savot, 1627),

mispickel

nickel (Cronstedt, 1751, introduit en France par [Buffon](#))

quartz

speiss

sperkise

et combien d'autres.

([à suivre](#))

TRAVAUX
DU
COMITÉ FRANÇAIS D'HISTOIRE DE LA GÉOLOGIE
- Première série -
(1980)

Jean R. MARECHAL
Terminologie minière et métallurgique des auteurs de
l'Antiquité, des alchimistes et des minéralogistes
jusqu'à [Haüy](#) (1743-1822)
(suite et fin)

COMITÉ FRANÇAIS D'HISTOIRE DE LA GÉOLOGIE (COFRHIGEO) (séance de décembre 1980)

Nous avons dans la première partie de cet exposé, donné quelques indications sur les conceptions des Anciens sur les métaux et les difficultés rencontrées dans l'interprétation des textes qui nous restent. Nous compléterons ce préliminaire par des précisions supplémentaires que la "Table Ronde" CNRS de Toulouse, qui s'est tenue tout récemment (21-22 novembre 1980) nous a apportées. Les nouvelles recherches et les réflexions qu'elles nous ont suggérées surtout sur les traitements des minerais de fer et de plomb, nous ont amenés à mieux comprendre les anciens procédés, quoiqu'il reste encore beaucoup de points à éclaircir.

La visite des énormes ferriers de la Montagne Noire, dans le département de l'Aude, nous a suggéré également des réflexions que nous développerons plus loin.

Lorsque j'ai commencé à m'intéresser à la métallurgie antique, il y a de nombreuses années, j'étais à peu près seul avec le maître de forges [Edouard Salin](#) et le marquis René de Tryon-[Montalembert](#), à rechercher les vestiges de cette branche importante de l'activité humaine et à tenter de les interpréter. Et voilà que plus d'une centaine de personnes étaient présentes à cette "Table Ronde", dont de nombreux jeunes chercheurs !

Dans le domaine de l'interprétation des textes antiques, un jeune helléniste et latiniste s'est remis à cette difficile branche de l'histoire des techniques anciennes et à l'aide de données scientifiques a pu éclaircir le sens de cahiers de recettes dont certains sont conservés sur papyrus (Leyde, Stockholm, etc..), où l'analyse philologique montre l'usage littéral de modèles antiques. Ces textes permettent d'entrer dans le détail opératoire d'un certain nombre de procédés tels que l'affinage de l'or, la cémentation du cuivre par l'arsenic ou le zinc, la carburation et la nitruration du fer, l'étamage, l'argenture et la dorure, etc.. Les géologues du XVI^e siècle ont donné des descriptions détaillées des vestiges industriels romains, notamment François Garrault, [Bernard Palissy](#), Jean de Malus, César d'Arcons, Martine de Beausoleil ont livré sur les mines romaines de Gaule, des informations qu'il est utile de contrôler sur le terrain. (1)

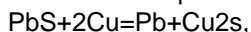
Les discussions assez animées, provoquées par certains problèmes nous ont incités à revenir sur des assertions sujettes à caution, surtout sur la question du grillage des galènes dans le traitement des minerais de plomb.

La découverte de plus d'une vingtaine de sceaux de plomb, sortes de tessères circulaires et moulées, sur lesquelles sont figurées des fours à griller le minerai, de plusieurs modèles et des outils de métallurgistes; sur le site de Lascours (commune de Ceilhes, dép. Hérault) a reposé ce problème du grillage des minerais (2). [Strabon](#) ayant signalé les mines d'argent chez les Ruthènes et les Gabales, on s'est demandé si ces peuples connaissaient le procédé de coupellation du plomb pour en extraire ce métal (3). Ils ont pu écumer aussi l'argent natif des "chapeaux de fer" des filons plombifères de leur région.

L'extraction du plomb de la galène est facilitée par la présence de cuivre dans le minerai, ce qui était fréquent au début de l'exploitation de certains filons, notamment en Bretagne (Huelgoat), dans le Devonshire, le Cornwall

(environs de Callington) et en d'autres nombreux endroits. (4)

Le cuivre s'empare du soufre comme indiqué par la réaction :



mais comme il tend à s'unir également au plomb, on obtenait du cupro-plomb. C'est ainsi que les anciens Romains du V^e siècle a. C. utilisaient un alliage de cuivre avec 22 à 25 % de plomb, comme monnaie (Aes rudi)(5).

Le cuivre et le plomb peuvent être réduits à l'état métallique dans des conditions, où le fer est réduit seulement à l'état d'oxyde ferreux et où il se scorifie. Quand à la réduction de l'étain, elle est toujours accompagnée d'une réduction notable de fer, à moins qu'il ne soit déjà scorifié à l'état de silicate.

Comme les premières scories dans les fours à plomb peuvent contenir de fortes quantités de plomb (20 à 30 %), on remet ces scories riches (*drawn slags*) dans le circuit en ajoutant chaque fois du charbon et à mesure que le plomb métallique s'écoule, on rejette chaque fois dans le four les scories qui s'appauvrissent ainsi de proche en proche, jusqu'à ce qu'elles ne contiennent plus de plomb ou presque plus et deviennent blanches (*white slags*). On appelle "ressuage" cette récupération du plomb des scories, résidus et écumes, par le charbon. Dans le traitement des galènes cuprifères et suivant les teneurs respectives en plomb et en cuivre, on peut orienter le resauage vers la production de plomb ou de cupro-plombs.

Mais pour obtenir facilement un plomb pur ou presque, il vaut mieux utiliser le fer qui ne s'allie pas au plomb, soit sous la forme de minerai, de scorie ou même sous sa forme métallique, à partir du moment où on a pu réduire les limonites et oligistes. La réaction peut être mise en équation chimique $\text{PbS} + \text{Fe} = \text{Pb} + \text{FeS}$, si le fer est sous forme de silicate : $\text{PbS} + \text{FeO} \cdot \text{SiO}_2 = \text{PbO} \cdot \text{SiO}_2 + \text{FeS}$, il y a une certaine perte en plomb, et il faudra alors repasser les scories au four avec du charbon.

Comme les minerais plombo-cuprifères peuvent contenir des pourcentages d'argent récupérables, on a parfois traité ces minerais mixtes dans le but de concentrer ce métal précieux et de le coupeller ensuite.

J.P. Bushe-Fox cite le cas des mines Wheal Brothers, près de Callington dans le Cornwall, qui ont produit 3 000 livres d'argent en 1812, par coupellation de minerais de cette sorte (6).

On peut supposer également que les gisements cupro-plombifères riches en argent du district de Huelgoat-Pouallouen en Bretagne, aient fourni le centre d'Alet sur la côte septentrionale de cette région, On y a découvert des "galettes" d'un mélange à fortes proportions de cuivre et de plomb et contenant jusqu'à 5 % d'argent, probablement destiné à la coupellation (7).

Nous insisterons sur la question de l'origine et de l'évolution des alliages de cuivre qui se sont succédés dans l'ordre suivant :

- cuivres à l'arsenic
- cuivres à l'étain (bronze proprement dits)
- cuivres à l'étain et au plomb (bronzes au plomb)
- cuivres avec zinc (laitons)
- alliages complexes (Cu-Sn-Pb-Zn).

Les procédés employés sont la fusion réductrice de minerais complexes et parfois aussi fusions réductrices en présence des oxydes des métaux à incorporer : cuivres à l'arsenic, laitons et peut-être bronzes ? La cémentation est aussi un procédé universel pour améliorer l'aspect de certains métaux : arséniage, étamage, argenture et métallisations diverses. Le polymétallisme a donc précédé l'affinage et le raffinage pour obtenir des métaux tout-à-fait purs.

A part ce préliminaire, basé sur notre expérience forcément incomplète de l'archéoméallurgie, nous allons revenir sur Pline qui reste quand même une des principales sources d'information sur les questions métallurgiques et chimiques de l'Antiquité.

Si les premiers chapitres de son livre XXXIV, consacrés à l'histoire de l'art ont suscité de nombreuses recherches, on ne peut pas dire la même chose sur les derniers chapitres, dont l'étude des sources se révèle plus difficile, car nous n'avons qu'une connaissance très incomplète des oeuvres perdues que Pline cite dans l'index de ce livre divisé en deux parties, dont la première énumère les sujets traités et la seconde, les auteurs latins et grecs utilisés. Comme il n'était pas spécialisé dans les questions techniques, il a compilé ses sources, en les abrégant souvent, ce qui les rend parfois obscures, D'ailleurs, il discute rarement leurs affirmations et

par le fait même, il les comprend mal. Son texte est parfois corrompu et le chimiste anglais Kenneth C. Bailey a parfois trouvé difficile d'expliquer les données de Pline et interprète lui-même mal certaines phrases. Par exemple, le passage "*purgaturque roboreo cribro profusum in aquam frigidam*" (8), qu'il explique en changeant "cribro" en "ligno" et en supposant que ce traitement n'est tout simplement que le "perchage", alors qu'il s'agit d'un criblage après nettoyage dans l'eau. Nous pourrions donner d'autres exemples aussi curieux,

La distinction entre la "cadmea" et la "chalchitis" comme pouvant produire du cuivre, est également énigmatique et a soulevé pas mal de controverses entre latinistes (9).

Pline paraît faire une confusion en ce qui concerne la "cadmea" qu'il considère dans un passage, comme un minerai de cuivre qui fut abondant en Campanie et l'était encore de son temps dans le territoire des Bergomates, où en effet, il existe des gisements cuprifères et zincifères (10). Un peu plus loin (54) il dit que ce sont les cuivres, livien, exploité en Gaule et marien, ou cuivre de Cordoue qui s'allient le mieux avec la "cadmea". Le cuivre marien ressemble à l'aurichalci des "sesterces" et des "dupondi" qui venaient d'être frappés (en laiton). D'un côté, il dit que la "cadmea" est un minerai de cuivre et de l'autre (paragraphe 100), que c'est un produit qui se forme dans les fourneaux à cuivre, notamment de Chypre (par. 103) : il paraît donc quand même les distinguer.

Une autre cause de confusion vient d'un changement de sens très fréquent dans les différents textes qui se sont succédés dans l'Antiquité, depuis les anciennes épopées et notamment depuis Homère, à tel point que bien souvent, des termes employés anciennement, ne sont même plus compris des Grecs des époques ultérieures qui les ont réemployés, en en changeant le sens : par exemple "electron" qui chez Homère désigne l'ambre et à partir de Sophocle, signifie un alliage d'or et d'argent venant de Lydie. Un autre exemple est celui du changement de signification du mot homérique et mycénien "kuanos", primitivement pâte de verre bleue et ensuite par simple analogie de couleur azurite. Le mot celto-germanique "glas" signifiait chez les anciens Européens du Nord ambre, désigne ensuite le verre. Et combien d'autres !

Même le terme "aes" a plusieurs sens : il peut désigner du cuivre, du cupro-plomb (aes rudi), du bronze et même du laiton (aes candidum).

Une autre source d'erreur pour le chercheur moderne consiste à appliquer les termes de Pline à des minéraux et des produits métallurgiques, par exemple le mot "callaïs" qui désigne la turquoise chez cet auteur a été donné par A. Damour, vers 1864 à une sorte de variscite ferrifère. "Galena" qui signifie litharge chez Pline, a été appliqué au sulfure de plomb, le principal minerai de ce métal. R. Halleux a recherché l'origine du terme "stagnum" qui désignait le plomb d'oeuvre, c'est-à-dire le plomb contenant encore son argent et dans certains passages (par. 160) il paraît désigner l'étain, dont le nom latin actuel est stannum déjà employé dans le même sens dès 261 (Ora Maritima), par Avienus (11).

[Agricola](#) (1494-1555) appelle "molybdaena" la galena de Pline qui comme nous venons de le dire, n'est que la litharge.

Le mot "régule" a subi un changement de sens assez curieux, alors qu'il désignait primitivement une matière métallique non ductile souvent utilisée par les alchimistes du Moyen-Age ; parce qu'ils croyaient trouver de l'or le roi des métaux, dans les culots métalliques qu'ils obtenaient par fusion (Macquer). Depuis, on a continué de donner ce nom à des culots qui contiennent plusieurs métaux (régule de Vénus : Cu-Sb) et il est devenu le nom particulier de demi-métaux (Hacquer), comme régule d'antimoine, régule d'arsenic, régule de cobalt (12). Le régule d'antimoine donne leur dureté aux caractères d'imprimerie et sert aussi à réaliser des "anti-frictions". Les brocanteurs d'aujourd'hui appellent ce dernier alliage du même nom pour désigner le métal constitutif de chandeliers, ou autres objets de qualité inférieure.

Il y a un point sur lequel nous allons revenir, c'est celui de la croyance des Anciens à la vie minérale, comparable à la conception biologique d'Origène : croissance, sexualité et pouvoir générateur. Les langues grecque, latine et germanique ont conservé des verbes qui sont empruntés à ce domaine : nascitur, gignere et procreare pour le latin (13) et wachsen pour l'allemand (14). Pline cite les mines de plomb d'Espagne et [Strabon](#) celles de fer de l'île d'Elbe (Aithalia), tandis que Plutarque dit : de même que les champs s'épuisent, il en est de même pour les mines qui se remettent à produire après une période de jachère.

Théophraste distingue par la couleur et la transparence les minéraux mâles et femelles, notamment en ce qui concerne les trois gemmes : la tourmaline, l'azurite et la cornaline (ou la sardoine).

Veith mentionne le "Gewachsenes Silber" désignant l'argent natif sous sa forme dendritique qui rappelle les branches d'arbres. (15)

A. Gianini cite des pierres creuses contenant un noyau dur qui seraient "enceintes" (pierre d'aigle ou aetite) (16).

Comme l'altération des sulfures provoque la formation foisonnante de sulfates, on peut en déduire que les Anciens qui avaient remarqué ces efflorescences dans les galeries de mines abandonnées, pouvaient croire à une croissance. La visite d'anciennes exploitations montre la formation de concrétions, de stalagmites et de stalagmites tendant à refermer les cavités et galeries et à boucher le passage, comme nous l'avons constaté dans la mine gallo-romaine d'Arrigas (dép. Gard).

On a aussi modifié l'aspect superficiel de certains objets tels que ornements, bijoux, armes, etc.. pour en améliorer la valeur ou l'utilité, en imitant l'or ou l'argent, ou en donnant un pouvoir réfléchissant dans le cas des miroirs. Un phénomène naturel de "ségrégation inverse" de l'étain dans les bronzes à haute teneur, ou de l'arsenic dans certaines dagues en cupro-arsenic de l'Age du Bronze Ancien, a dans certains cas, modifié cet aspect superficiel et lui a donné une apparence argentée.

On a employé un phénomène de diffusion interne à une certaine température et sous des conditions réductrices, d'éléments volatils tels que l'arsenic, le zinc pour le cuivre, l'oxyde de carbone (cémentation) et l'azote labile (nituration pour le fer).

Ou bien, on a plaqué des feuilles très minces d'or et d'argent sur des bijoux ou des ornements, le procédé au mercure étant probablement plus récent : haut Moyen-Age ?

L'étamage s'est fait par trempage dans l'étain liquide après avoir décapé la surface. Le bouclier et le heaume de Sutton Hoo (Suffolk) datant de 700 environ montrent des plages étamées à côté de dorures au mercure, ce qui laisse supposer une façon de faire n'endommageant pas la partie la plus délicate : on commence par étamer avec un alliage cuivre-étain fondant au-dessus de 500° et ensuite on applique l'amalgame d'or que l'on chauffe pour éliminer le mercure qui bout à partir d'environ 357°, sans abîmer la partie étamée voisine. Eraclius qui vivait au Moyen-Age conseille une proportion de sept parties de mercure pour une d'or, en se basant probablement sur une recette du moine Théophile (17).

L'archéologue normand G. Villers (18) signale dès 1845, la présence d'une "argenture" sur des dagues triangulaires à poignée rivée que nous avons analysées en 1956. Elles étaient en bronze contenant de 10 à 12 % d'étain et sans trace d'argent, ce qui indiquerait un autre procédé de métallisation. Ce genre de recouvrement métallique ornemental est donc cité avant les remarques de Fink et Kopp (1933) sur des vases égyptiens des Vè-VIè dynastie qu'ils considéraient comme recouverts d'antimoine, contestées par A. Lucas (1962) et par C.S. Smith (1973). Ce dernier a montré que ce recouvrement était constitué, non d'antimoine, mais d'arsenic, comme F. Bach et W.J. Young l'avaient déjà constaté en 1963 sur des exemples d'Anatolie (Horoztepe, Corum-Herzifon et Bayindirkoj). D.B. Stromach a cru que les dagues de Bayindirkoj étaient recouvertes de plomb, mais il est à présumer que c'était plutôt d'arsenic également.

On voit que cette pratique a été répandue très tôt en Orient et en Europe. Il est très possible que les dagues d'Amorgos dans les Cyclades, aient subi également un enrichissement superficiel en arsenic, de même que des miroirs égyptiens.

La question se pose pour les miroirs étrusques : C. Panseri et M. Leone ont examiné scientifiquement des miroirs des IVè-IIIè siècles a. C. trouvés en Toscane, contenant de 12 à 15,40 % d'étain et d'autres de Lombardie (sépultures des environs de Legnano du 1er ou du IIè siècle de notre ère) plus riches encore en étain : 20,44 et 23,03 % Sn, mais comme ces bronzes sont susceptibles d'avoir un bon pouvoir réfléchissant par polissage, il a été superflu de les étamer ou de les "arsénier", ce que l'examen au banc métallographique a confirmé.

Le professeur Mc Kerrell et son assistante américaine miss Ethel Eaton ont proposé que le mot sumérien AN.NA et le mot grec OREICHALKOS désignaient le cuivre blanchi par l'arsenic, suivant le procédé de cémentation (20). L'arsenic "argente" le cuivre, tandis que le zinc le dore.

Etude scientifique de l'Archéoméallurgie

Après les méthodes historiques et linguistiques qui ont donné une idée assez imprécise de la naissance et de l'évolution de la métallurgie, on en est venu peu à peu, à préciser des faits nouveaux par des analyses d'abord chimiques et ensuite spectrographiques. Actuellement, on préconise des méthodes encore plus perfectionnées

pour détecter les moindres traces dans les objets métalliques et dans les minerais, pour tenter de les relier.

Après la division de la préhistoire en trois périodes (inspirée par Lucrèce) de Christian Thomsen (1788-1865) adoptée et propagée par son compatriote J.J.A. Worsae (1831-1885), le suédois G.O. Montelius (1843-1921) établit une chronologie solide, basée sur les différentes époques de la métallurgie et qui est encore utilisée par nombre de préhistoriens. Cependant, elle a été complétée par la recherche des compositions chimiques des objets appartenant à ces époques.

Le fait le plus marquant a été la découverte de la généralisation presque mondiale de l'arsenic comme élément d'alliage du cuivre, avant la découverte du vrai bronze, c'est-à-dire de l'alliage cuivre-étain, auquel le plomb sera ajouté vers le X^e siècle a.C.

Marcellin Berthelot, vers 1896, avait déjà trouvé de l'arsenic dans une pointerolle de Wadi-Maghara dans le Sinaï, dont il n'expliquait d'ailleurs pas la présence, étant donné qu'il n'avait pas rencontré cet élément dans les minerais locaux.

C'est un pharmacien Louis Chassigne, qui sur la demande de Gustave Chauvet, analysa des objets métalliques de la collection de ce dernier, trouvés aux environs d'Angoulême, dans le département de la Charente. Il publia une thèse remarquable passée devant la Faculté de Médecine et de pharmacie de Bordeaux, le 3 juin 1903 avec des notes complémentaires de G. Chauvet, président de la Société archéologique et historique de la Charente. Cette thèse imprimée à Ruffec, établit déjà des principes nouveaux, notamment les hautes teneurs en étain des haches à bords droits et des haches à talon : de 10 à 16 % Sn, l'introduction du plomb dans les bronzes des haches à ailerons et les haches à douille et l'apparition du zinc dans les alliages cuivreux de l'époque gauloise. Ces remarques sont d'un précurseur, quoique l'auteur n'ait procédé que par voie chimique, alors que la spectreanalyse allait apporter une confirmation éclatante de cette évolution dans la nature des métaux utilisés.

Nous avons entrepris dès 1953 des recherches dans cette dernière façon de procéder, que nous avons appliquée au début, à des objets des sépultures mérovingiennes, ensuite au cratère de Vix découvert au début de 1953 (21) et à d'autres produits de fouilles, dont ceux de Longue (dép. Calvados) du Languedoc et de la Colombine (dép. Yonne). Le professeur P.R. Giot s'adressa alors à nous pour entreprendre des analyses spectrographiques de l'Age du Bronze de Bretagne. Nous lui conseillâmes d'acheter l'appareillage lui permettant de poursuivre ces recherches à Rennes et lui fournîmes même les étalons (échantillons-témoins) nécessaires sur lesquels son ingénieur J. Bourhis pu commencer ses analyses vers 1960 et qu'il a continuées depuis.

En Allemagne, nous signalerons les analyses chimiques de Ernst von Bibra réalisées dès 1873 et celles du docteur O. Krohnke de Kiel qui pensait qu'il ne suffit pas de donner les proportions de cuivre, d'étain et de plomb, mais aussi de connaître les "éléments accessoires" pour tenter de trouver l'origine des minerais employés (22). Il avait remarqué que les alliages contenant peu d'étain avaient dans leur composition des pourcentages appréciables en arsenic et en antimoine, devançant ainsi les recherches du métallurgiste allemand W. Witter qui, par voie spectrographique mit en relief dès 1932, les anciens alliages de cuivre et d'arsenic et les alliages complexes As-Sb-Ni-Ag et parfois Bi, tirés des "Fahlerz" d'Europe centrale (Saxe, Thuringe, etc.). Il s'adjoignit en 1939, le jeune physicien I. Winkler et ensuite le minéralogiste H. Otto, qui exécutèrent plus de 1500 analyses comportant 10 éléments d'abord et 12 ensuite, ce qui mit W. Witter sur les traces d'une importante industrie préhistorique autonome en Allemagne centrale. Il eut malheureusement le tort de minimiser les autres districts métallifères européens, et asiatiques et de croire à la priorité des districts allemands, ce que ne firent pas ses continuateurs de Stuttgart et de Fribourg-en Brisgau qui produisirent de 1950 à 1975, plus de 20.000 analyses d'objets en cuivre et ses alliages et 5000 analyses d'objets en or. En 1965, W. Lorenzen découvrit une nouvelle source de cuivre dans l'île d'Halgoland qui fut peut-être à l'origine de la métallurgie nordique ?

En Autriche, K.von Miske décrit en 1908, le gisement de cuivre-plomb-antimoine qui alimenta le site métallurgique de Velem St.Vid, dans le Burgenland et une pléiade de chercheurs étudia les districts métallifères des Alpes orientales, dont le professeur Richard Pittioni est le plus connu. En Angleterre, les recherches dans le domaine de l'histoire de la métallurgie commencèrent également très tôt avec les John Evans (1882), J.H. Gladstone (1897), W.Gowland (1912), C.H. Desch (1928-1938), O. Davies (1929), H.H. Coghlan (1939), H.J. Case (1954) et R.F. Tylecote, tandis qu'en Amérique c'est Cyril Stanley Smith qui y inaugura vraiment l'histoire de cette technique. L'Italie se distingue également dans ce domaine avec Pigorini (1895), Livio Cambi (1957) et le centre de Varèse.

En Suède, Andreas Oldeberg publia en 1942-43 un ouvrage remarquable sur la fabrication nordique des fibules.

En Russie, les recherches métallographiques de Paul Anossoff (1797-1851) permirent une étude scientifique des lames damassées, furent poursuivies par D. Tschernoff et N.T. Belaiew. Actuellement, le fer est étudié par B.A. Kolcin et les spécialistes polonais et tchécoslovaques, tandis que le cuivre l'est par I.R. Selimkhanov.

Un mouvement analogue se poursuit depuis peu en France et en Belgique.

Notes et bibliographie

- 1) R.Halleux, Nouveaux textes sur la métallurgie romaine, Table ronde CNRS sur les Mines et Fonderies antiques de la Gaule, 21 novembre 1960, p.9 des résumés des communications.
- 2) G. Barruol et R. Gourdiol, Les mines antiques de la haute vallée de l'Orb, id., pp. 1-2.
- 3) Strabon, Géographie, IV, 2,2.
- 4) W. Gowland, Silver in roman and earlier times, *Archaeologia*, 1917-10, 69, pp. 121-160.
et R.F. Tylecote, *Metallurgy in archaeology*, Londres, 1962, p. 79 et p. 32.
- 5) L. Cambi, I piceni e la civiltà etrusco-italica, *Studi Etruschi*, volume XXVI, supplément, 1959, p. III.
- 6) J.P. Bushe-Fox, Excavations at Hengistbury Head, Hampshire in 1911-12, Rep. n°3, Society of Antiquaries of London, 1915.
- 7) Jean R. Maréchal, Note sur un produit métallurgique plombo-cuprifère découvert à Alet (Bretagne) provenant d'un raffinage primitif. *Les Dossiers du Centre régional archéologique d'Alet*, n°7, 1979, pp. 25-30.
- 8) Pline l'Ancien, *Histoire Naturelle*, livre XXXIV, XX, 95.
- 9) Pline, idem, XXIX, 117 et 118.
- 10) Federico Squarzina, *Italia mineraria*, Associazione mineraria italiana et G. Rinaldi, *Le miniere del Bergamasco*, Bergame, 1940.
- 11) R. Halleux, De stagnum"étang" à stagnum"étain", contribution à l'histoire de l'étamage et de l'argenture, *l'Antiquité Classique*, tome XLVI, 1977, 2°fasc.Bruxelles, pp. 557-570.
- 12) *Dictionnaire de chymie*, par Macquer, Paris, 1777, pp. 22-35.
- 13) R.Halleux, Fécondité des mines et sexualité des pierres dans l'Antiquité gréco-romaine, *Revue belge de Philologie et. d'Histoire*, tome XLVIII, 1970, n°I, pp. 16-25.
- 14) J. R.Maréchal, Anciennes croyances relatives à la croissance des minerais, *Métaux-Corrosion-Industries*, n°380, avril 1957, pp. 181-132.
- 15) Veith, *Deutsches Berg Wörterbuch*, p. 221.
- 16) A.Gianini, *Paradoxographorum Graecorum Reliquiae*, Milan, 1965, p. 356.
- 17) W.A.Oddy, Gilding and tinning in anglo-saxon England, *Aspects of early Metallurgy*, Proceedings of a symposium held at the British Museum les 22 et 23 avril 1977, pp. 129-134.
- 18) G.Villers, Note sur des poignards de bronze antiques trouvés à Longues, près Bayeux, *Mémoires de la Société d'Agriculture, Sciences, Arts et Nelles-Lettres de Bayeux*, tome III,1845,pp. 379-388.
- 19) Jean R. Maréchal, Nature du métal des objets protohistoriques trouvés à Longues (Calvados), *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, tome III, fasc. II-12, novembre-décembre 1956, pp. 682-684.
- 20) E.R.Eaton et Hugh Mc Kerrel, Near Eastern alloying and some textual evidence for the early use of arsenical copper, *World Archaeology*, 1975, 20 pages, 5 figures et II tableaux.
- 21) Jean R.Maréchal, Quelques considérations sur les objets trouvés dans la sépulture hallstattienne de

Vix (Côte-d'Or), Techniques et Civilisations, 19-1955, vol.IV-n°1,pp.1-27.

22) O.Krohnke,Untersuchungen vorgeschichtlicher Bronzen Schleswig-Holstein, Hambourg, 1900, 2^eédition corrigée.