



HAL
open science

Paléométaballurgie du cuivre et du bronze

Jacques Buisson-Catil

► **To cite this version:**

Jacques Buisson-Catil. Paléométaballurgie du cuivre et du bronze. Âges du Bronze en Vaucluse, Editions Barthélemy; Département de Vaucluse, pp.94-97, 2002, Notices d'Archéologie Vauclusienne 5. hal-04576295

HAL Id: hal-04576295

<https://hal.science/hal-04576295>

Submitted on 15 May 2024

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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Paléométaballurgie du cuivre et du bronze

MÉTALLURGIE : DÉFINITION

La métallurgie est l'art d'extraire les métaux de leurs minerais, d'élaborer des alliages, de les transformer en produits demi-finis et de les mettre en forme pour leur utilisation. La métallurgie proprement dite débute avec l'apparition de la métallurgie chimique ou extractive qui consiste à réduire les minerais pour obtenir du métal. Cette métallurgie s'appuie sur les propriétés chimiques et thermodynamiques des métaux qui, associés les uns aux autres, forment des alliages dont les propriétés sont fonction de la concentration relative des éléments constitutifs.

Mais le domaine le plus important de la métallurgie extractive concerne les réactions d'oxydoréduction qui conditionnent les méthodes de conversion des minerais naturels (oxydes, sulfures, chlorures, carbonates, etc.) en métaux : toute méthode de métallurgie extractive est un processus de réduction chimique plus ou

moins complexe fondé sur la connaissance des équilibres d'oxydoréduction. La réversibilité des réactions est illustrée par la tendance des métaux extraits à revenir spontanément à leur état initial de minerai au contact de l'environnement (altération due à la corrosion).

LA PALÉOMÉTALLURGIE

OU LE DÉCHIFFREMENT EN LABORATOIRE
DES TECHNIQUES MÉTALLURGIQUES DU
PASSÉ

Si les études en laboratoire sont désormais une pratique courante en paléométaballurgie, elles sont de plus en plus menées conjointement avec les fouilles des sites métallurgiques. Alors que les observations de terrain permettent d'appréhender l'organisation du travail des premiers métallurgistes, les analyses des laboratoires, validées par le recours à l'expérimentation, nous renseignent sur les techniques du passé.

L'examen en laboratoire d'un objet métallique, quels que soient sa nature et son âge, va commencer sous le microscope où, après traitement d'un échantillon (polissage et attaque avec un acide), se discerne la structure métallographique : arrangement polycristallin résultant de la solidification, disposition des inclusions ou précipités, éventuelle déformation des grains correspondant à telle ou telle action mécanique.

Si besoin est, l'examen métallographique sera complété par microscopie électronique, diffraction des rayons X, analyse par microsonde électronique, mesures de microdureté (dureté Vickers-HV), etc.

L'ensemble des observations est confronté avec l'analyse chimique.

Enfin, la radiographie va permettre, par l'examen interne de l'objet, de révéler des aspects cachés (décor, imperfections, montages complexes, etc.).

L'archéologue va ainsi disposer de l'histoire interne des objets et pouvoir esquisser l'histoire des débuts de la métallurgie dans les différentes régions du monde.



Coulée de bronze
restituant l'ambiance
d'un atelier gallo-romain
tel celui présenté à Augst
(Suisse, Augusta Raurica).

LES DÉBUTS DE LA MÉTALLURGIE DU CUIVRE DANS L'ANCIEN MONDE

DE L'UTILISATION DU MINÉRAI
À LA PRODUCTION DE MÉTAL

Le plus ancien témoignage de l'utilisation de minerai de cuivre est un pendentif en malachite daté du IX^e millénaire, découvert dans la grotte du Zagros à Shanidar en Iraq (Solecki 1969).

Dès les VIII^e-VII^e millénaires, des objets en cuivre natif sont fabriqués en Syrie (Tell Ramad), en Iran (Sialk I et Ali Kosh), en Iraq (Tell Magzalia) et en Anatolie (Cayönü Tepesi).

Dans ce dernier site, plus d'une quarantaine d'objets (perles, crochets, alènes...) ont été recueillis dans des niveaux datés entre 7250 et 6750 av. J.-C. (Maddin *et al.* 1991). Le martelage en feuilles qui sont ensuite enroulées est ici la technique utilisée, mais quelques pièces ont été aussi chauffées jusqu'à 500 °C dans le but de rendre le métal moins cassant ; mais, jusque-là, point de fusion.

Il faudra attendre les VII^e-VI^e millénaires pour trouver les premières traces qui témoigneraient de l'usage de pyrotechniques pour fondre du cuivre natif ou du minerai.

Pour évoquer ces débuts de la métallurgie, on a coutume de citer certains sites proche- et moyen-orientaux, comme Çatal Hüyük en Anatolie ou encore Yarim Tépé dans le nord de la Mésopotamie, où la précocité de l'utilisation de ces techniques a été reconnue. À Yarim Tépé, daté du VI^e millénaire, la réduction du minerai de cuivre aurait été effectuée à l'aide d'un fon-

dant chargé en oxyde de fer comme semble l'indiquer le pourcentage élevé de fer dans plusieurs objets en cuivre (Merpert 1982).

S'il s'agit effectivement là de traces parmi les plus anciennes de techniques métallurgiques, elles ne constituent que des ensembles isolés qui n'auraient pas eu de conséquences sur le plan culturel (Mohen 1990).

C'est à partir de la fin du V^e et le début du IV^e millénaire que se développent en Asie occidentale et en Europe orientale ou centrale toutes les techniques de base de la métallurgie extractive du cuivre. Dès cette époque se forment des centres originaux de production du cuivre en Iran (Tépé Yahya, Tal i Iblis, Tépé Giyan, Yanik Tépé), dans la région pontique (Kalinkaya), au Pakistan (Mehrgarh), en Mésopotamie (Tépé Gawra, Al Ubaid, Ur), en Syrie (Amuq, Brak), en Palestine (Tell Abu Matar, Bir es-Safadi, Timna, Nahal Mishmar, Kfar Monash).

Dans le sud-est de l'Europe, des mines sont exploitées dès la première moitié du V^e millénaire à Rudna Glava en Yougoslavie et à Ai Bunar en Bulgarie (Jovanovic 1991 ; Gale *et al.* 1991) ; c'est alors que se développe l'orfèvrerie à Varna (Ivanov 1978).

La métallurgie se développe en Suisse orientale dans la première moitié du IV^e millénaire, en Corse au milieu de ce même millénaire, en Italie et en Espagne dans la première moitié du III^e millénaire.

La période correspondant à la phase technologique de production du cuivre à partir du minerai a été appelée âge

du Cuivre ou Chalcolithique. D'abord reconnue en Europe, cette séquence chronologique et technologique ne peut-être généralisée car elle présente, en dehors du continent européen, des aspects très différents. Précoce, riche et variée, nous l'avons vu, au Proche et au Moyen-Orient, absente en Extrême-Orient et dans un grand nombre de régions d'Afrique noire, la métallurgie du cuivre est utilisée dans d'autres régions avec des décalages chronologiques importants plaçant en faveur d'une interprétation diffusionniste de cette technologie.

Pour R. F. Tylecote, une séquence métallique bien marquée, comme par exemple la séquence cuivre pur-cuivre arsenié-bronze à l'étain-fer rencontrée en différents endroits et dans certains cas à des périodes séparées de quelque deux mille ans, suggère à la fois un processus de diffusion et un ordre traditionnel d'apparition des métaux. Conscient du fait que si le cuivre natif était disponible à ceux qui auraient pu l'utiliser et que par conséquent beaucoup auraient pu faire indépendamment les tout premiers pas vers le développement métallurgique, il pense néanmoins que ces groupes furent vraisemblablement rattrapés par le courant principal d'avancée technologique avant qu'ils aient eu le temps de développer leur propre métallurgie. Ainsi, selon lui, en ce qui concerne la métallurgie depuis son origine, de bonnes raisons subsistent pour considérer la thèse diffusionniste comme recevable. Cependant, avec l'accroissement des connaissances, ce jugement est aujourd'hui tempéré au profit de foyers multiples d'innovation dans un

contexte de relation à grande distance (Renfrew 1983).

La relative autonomie de la métallurgie européenne par rapport à la métallurgie anatolienne en est un exemple. En effet, si on ne peut nier l'existence de relations entre l'Anatolie et l'Europe du Sud-Est, la colonisation métallurgique de la seconde par la première, dans l'hypothèse traditionnelle diffusionniste, est démentie par la chronologie et par les productions d'objets en cuivre et de pièces d'orfèvrerie. Dans le même temps, s'il existe effectivement des arguments technologiques pouvant justifier l'ordre d'apparition des métaux (travail du cuivre natif, réduction des minerais de cuivre, élaboration des alliages cuivreux, sidérurgie), l'approche technique ne rend pas compte des réalités culturelles et économiques qui s'expriment par la maîtrise et l'utilisation des technologies (Lechtman 1980).

Demeure néanmoins posée la délicate question de l'existence, au Proche-Orient notamment, d'une phase pré-métallurgique du travail des métaux natifs, en particulier du cuivre. En effet, si le cuivre natif est probablement le premier métal à avoir été travaillé, il existe plusieurs techniques qui permettent de le mettre en forme : le martelage à froid, le martelage à chaud et la fusion à près de 1100 °C.

Le problème qui est posé est de savoir si la fusion du cuivre natif n'aurait pas pu précéder l'obtention de cuivre par réduction du minerai. Sachant qu'un cuivre natif fondu et un cuivre pur réduit présentent une structure métallographique similaire, la réponse n'est pas aisée.

Pour R. F. Tylecote, s'il n'est pas possible de différencier le premier métal du second, la plupart des cuivres natifs présentent un degré de pureté supérieur aux minerais, de sorte qu'un cuivre fondu d'une grande pureté découvert en contexte ancien est très probablement issu de cuivre natif. Pour lui, on ne peut être sûr d'avoir affaire à un cuivre obtenu par réduction du minerai que lorsque l'on décèle dans un objet des traces substantielles d'arsenic ou de nickel.

De son côté, la géologie propose une explication à l'existence de la séquence métallique. Cette explication résiderait dans la nature des dépôts. En effet, les veines de cuivre sont constituées d'une succession de couches contenant différents types de minerais de cuivre. La partie supérieure d'une veine présente en effet du haut vers le bas : une zone d'oxydation contenant notamment de la malachite, de l'azurite, du cuivre natif et de la cuprite, puis une zone enrichie en sulfures primaires (chalcopyrite et pyrite) dans laquelle les impuretés comme l'arsenic sont présentes en forte concentration. Cela pourrait rendre compte de l'omniprésence des cuivres arseniés dans la seconde phase de la séquence métallique. Plus tard, probablement à l'âge du Bronze final, les métallurgistes ont dû se contenter des sulfures de la base du dépôt, comme les chalcopyrites que l'on savait alors réduire.

LES DÉBUTS DE LA MÉTALLURGIE DU BRONZE DANS L'ANCIEN MONDE

Parmi les alliages cuivreux, le cuivre à l'arsenic est sans doute le premier connu. D'autres alliages cuivreux sont réalisés avec du plomb ou de l'antimoine. Mais le plus célèbre demeure le bronze, mélange de cuivre et d'étain dont les deux formes du minerai les plus connues sont la stannite et la cassitérite. Il existe aussi des alliages ternaires cuivre-étain-plomb, caractéristiques des bronzes « atlantiques » de la fin du III^e millénaire av. J.-C. et du début du millénaire suivant.

Si l'on excepte quelques rares bronzes à l'étain datés du V^e millénaire, provenant sans doute de minerais mixtes locaux, découverts isolément en Bulgarie, en Roumanie et en Turquie, les premiers bronzes semblent bien être ceux de Mésopotamie où ils apparaissent entre 3000 et 2500 BC, notamment dans les tombes royales d'Ur puis à Suse ; avant, le métal était du cuivre pur ou du cuivre arsenié.

À Troie, le bronze est peut-être acquis dès Troie II (2600-2200 BC), mais plus sûrement dans les niveaux de Troie III et IV (2200-1900 BC).

En Égypte, il apparaît de façon substantielle pendant la IV^e dynastie (2600 BC) et disparaît avec le Moyen Empire pour réapparaître plus tard.

En Iran, Geoy Tépé et Tépé Hissar commencent à produire du bronze vers 2000 BC, mais ce n'est qu'avec la période des « bronzes du Luristan » (1500-700 BC) que s'imposera dans cette région un véritable âge du Bronze.

En Syrie et au Liban, les premiers bronzes de Ras Shamra et Byblos datent de 2200 BC.

En Crète, des signes d'ajout volontaire d'étain sont effectifs au Minoen ancien I-II (2500-2200 BC), mais ce n'est pas avant le Minoen moyen II (1800 BC) que le bronze est utilisé pour une grande variété d'objets.

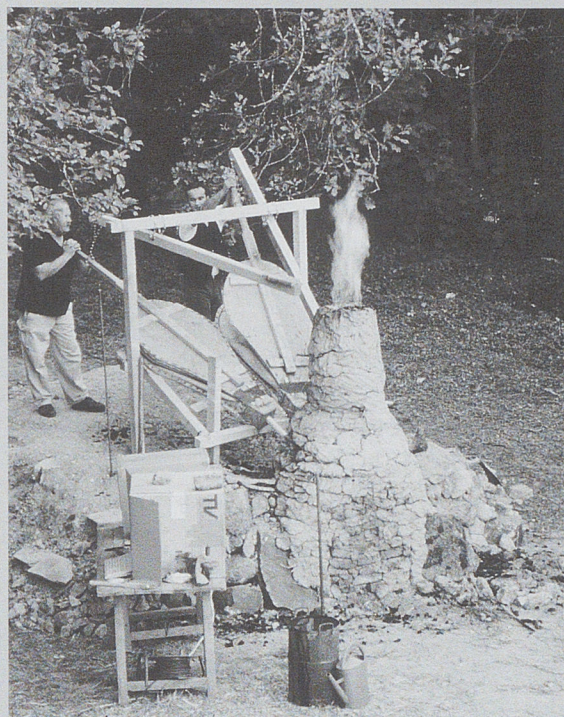
En Italie, le plein âge du Bronze se développe durant la période nuragique (après 1500 BC).

Dans la Péninsule ibérique, le véritable âge du Bronze ne débute pas avant l'apparition de la culture argarique du Sud-Est espagnol (1700 BC) où l'on trouve la transition cuivre à l'arsenic-bronze.

En Europe centrale, beaucoup d'objets du complexe d'Unétice (1800-1500 BC) étaient fabriqués en cuivre arsenié, mais on voit aussi apparaître durant cette période du bronze à l'étain.

En Grande-Bretagne, l'émergence du bronze est illustrée par la « Wessex Culture » (1600-1400 BC) qui montre la juxtaposition de deux traditions métallurgiques bien définies : cuivre arsenié et bronze, comme c'est d'ailleurs le cas en France occidentale, particulièrement en Bretagne, où l'on trouve le même mélange de cuivre à l'arsenic et de bronze à l'étain.

La division archéologique de l'âge du Bronze en « ancien », « moyen » et « final », repose principalement sur les changements dans les types céramiques, plutôt que sur les compositions du métal. Pourtant, cette division se justifie aussi du point de vue métallurgique.



Reconstitution de bas-fourneau soit gallo-romain, soit du haut Moyen Âge, qui permet, en réduction directe (minerai oxydé-métal), d'obtenir un bloc (massiau) qu'il faudra ensuite épurer par martelage à la forge.

En effet, alors que dans le stade ancien le bronze à l'étain n'apparaît que rarement, avec le stade moyen nous sommes véritablement dans l'âge du Bronze.

À partir de cette période, le cuivre pur et le cuivre à l'arsenic cessent, à de rares exceptions près, d'être utilisés.

La somme de métal augmente graduellement durant le Bronze moyen et représente une quantité substantielle, dans la plupart des régions, au Bronze final. Par ailleurs, un important changement technique apparaît. Alors que les objets du Bronze ancien requéraient un travail de forge et de martelage pour leur donner leur forme définitive, la plupart des objets du Bronze moyen sont coulés dans des moules bivalves et ne nécessitent qu'un léger travail, voire aucun, de finition par martelage. Une attention plus grande se porte désormais sur le détail, avec la production d'objets

plus fins et des moules plus précis : l'addition de plomb est souvent pratiquée pour accroître la fluidité du métal, une innovation du Bronze final. Les évidences montrant le haut degré d'habileté technique atteint dans le coulage sont nombreuses : les moules de pierre et de bronze découverts en Asie Mineure et en Europe l'attestent. L'accroissement du nombre d'objets, et les nombreux dépôts découverts dans tout l'Ancien Monde, témoignent de cette florissante industrie du métal.

J. B.-C