

Zeitschrift: Bulletin de l'Association Pro Aventico
Herausgeber: Association Pro Aventico (Avenches)
Band: 41 (1999)

Artikel: Les creusets en graphite découverts à Avenches/Aventicum
Autor: Hochuli-Gysel, Anne / Picon, Maurice
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-245928>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 28.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Les creusets en graphite découverts à Avenches/*Aventicum*

Anne HOCHULI-GYSEL et Maurice PICON

Résumé

Parmi les 42 creusets ayant servi à la métallurgie à *Aventicum* cinq exemplaires sont en graphite. Les trouvailles d'Avenches révèlent un nouveau type de creusets utilisés pour la fabrication du laiton par cémentation, et très probablement une autre variante des procédés de préparation du laiton. Une datation précise n'est pas possible, mais il est à souligner que c'est la première fois que des creusets en graphite de l'époque romaine peuvent être signalés.

Zusammenfassung

Die Fundgruppe der 42 Metallgusstiegel aus *Aventicum* umfasst fünf Exemplare aus Graphit bestehen. Sie belegen einen neuen Typ von Tiegeln, der für die Gewinnung von Messing mittels des Zementationsverfahrens diente. Die Untersuchungen zeigen, dass wohl eine bisher unbekannte Prozedur für die Messingherstellung angewendet wurde. Die Fundumstände lassen zwar keine genauere Datierung zu; es handelt sich aber jedenfalls um die ersten Tiegel aus Graphit, die aus römischer Zeit publiziert werden.

1. Introduction

Lors de l'étude des creusets découverts dans le contexte des ateliers de verriers situés sous le portique est du Palais de *Derrière la Tour*¹, tous les autres creusets recensés à Avenches/*Aventicum* ont été repris pour comparaison. Il s'agissait de voir si parmi ce matériel se trouvaient d'autres exemplaires ayant servi à la refonte du verre. La plupart des 42 creusets recensés sont des creusets en argile de petit format². En revanche, cinq fonds possèdent un aspect tout à fait différent (fig. 1 et 2). Ils ont une paroi épaisse et sont travaillés dans une matière relativement tendre et d'une couleur variant entre gris foncé et noir. L'analyse par diffractométrie X révèle qu'il ne s'agit pas – comme on aurait pu le croire – de creusets en pierre ollaire, une matière régulièrement rencontrée pour les pots à cuire, mais de fonds de récipients en graphite³. Des dépôts de résidus vitreux sont accrochés aux faces interne et externe (fig. 2).

2. Les formes

Quatre creusets montrent une base plate avec le départ de la paroi légèrement évasée (fig. 1, n° 1 à 4). Le fond est épais de 1,5 cm, la paroi varie entre 0,5 cm pour le plus fin à 1,5 cm pour le plus épais. Le diamètre du fond comprend entre 7,5 et 10 cm. On ne connaît pas la hauteur originale des creusets n°s 1 à 4; l'épaisseur de la paroi ainsi que le diamètre du fond semblent cependant indiquer une hauteur minimale de 20 cm. La capacité des n°s 1 à 4 est supérieure à celle des creusets en argile généralement connus. Des creusets de forme comparable, pourtant réalisés en argile, ont été découverts dans un quartier artisanal de Bordeaux⁴.

Le creuset n° 5 est plus petit que les autres et d'une autre forme (fig. 1, n° 5). Le fond possède un diamètre de 4 cm seulement, la paroi s'évase directement au-dessus du fond, indiquant une forme plutôt globuleuse; l'épaisseur de la

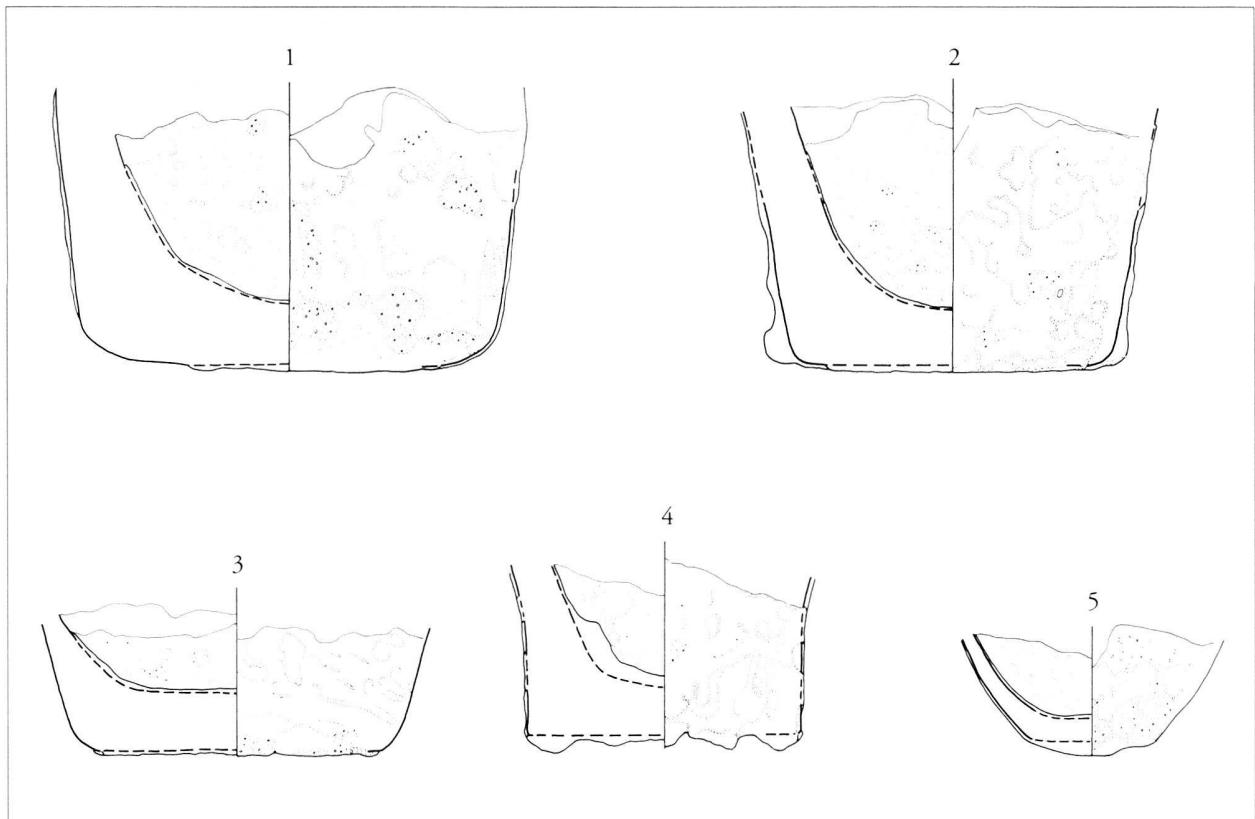


Fig. 1. Creusets en graphite. Echelle 1:2. Dessin MRA, M. Aubert-Bornand.

¹ Les analyses ont été effectuées par Maurice Picon dans le cadre de la thèse de Heidi AMREIN, *L'artisanat du verre au milieu du I^{er} siècle de notre ère: le cas de l'atelier d'Avenches* (direction D. Pauzier, université de Lausanne).

² Cf. H. BÖGLI, Aventicum. *La ville romaine et le musée* (Guides archéologiques de la Suisse 19, 3^e édition, revue et augmentée par A. HOCHULI-GYSEL), Fribourg, 1996, p. 64, fig. 71, creusets, h. 10, 7 cm.

³ Nous remercions M. Maurice Picon de l'intérêt qu'il porte à ce groupe d'objets d'Avenches, de sa précieuse collaboration et des analyses effectuées au Laboratoire de céramologie, UPR 7524, Maison de l'Orient Méditerranéen, Lyon.

⁴ M. FEUGÈRE, L'artisanat, in: C. SIREIX (éd.), *Les fouilles de la place des Grands-Hommes à Bordeaux*, Bordeaux, 1998, p. 130, fig. 13, n° 123.

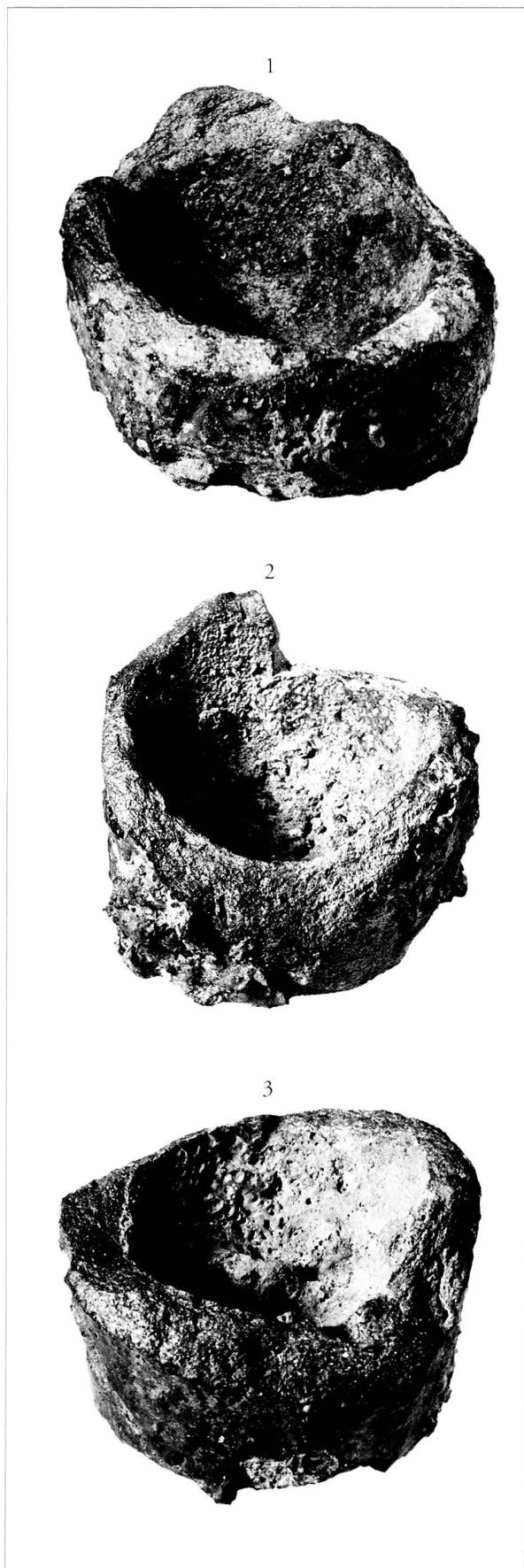


Fig. 2. Creusets n°s 1, 2 et 3. Photographie MRA, J. Zbinden, Berne.

paroi et du fond est relativement faible, comprise entre 0,5 et 0,8 cm. La forme du n° 5 ressemble à celle des creusets en argile⁵.

3. Le contexte de découverte et la chronologie

Il est important de noter que les creusets en graphite n°s 1, 2, 3 et 5 ont été mis au jour dans des quartiers où l'artisanat du feu est attesté par d'autres creusets, en argile, ou par des témoignages de la production de tuiles, de céramique ou de verre (fig. 3)⁶. Nous ne possédons pas d'indications concernant la période d'utilisation des creusets en graphite. Les n°s 1, 2 et 4 proviennent de contextes d'époque romaine, mais sans renseignements stratigraphiques précis. Seul le n° 5 sort d'un contexte daté par la céramique du I^{er} au III^e s. ap. J.-C.

Catalogue

1. Creuset. Fond plat, paroi légèrement oblique. Diam. du fond 11 cm environ. Dépôts métalliques sur les faces interne et externe. Lieu de découverte: trouvaille isolée dans une canalisation sur le terrain de l'entreprise FAG. Inv. 71/899.
2. Creuset. Fragment de fond plat, paroi légèrement oblique. Diam. du fond 8,5 cm environ. Dépôts métalliques sur les faces interne et externe. Lieu de découverte: route de contournement, trouvaille isolée. Inv. 64/1174.
3. Creuset. Fragment de fond plat, paroi légèrement oblique. Diam. fond 8 cm environ. Dépôts métalliques sur les faces interne et externe. Lieu de découverte: *Conchette*. Inv. 1908/4651.
4. Creuset. Fragment de fond plat, paroi légèrement oblique. Diam. du fond. 7,8 cm environ. Dépôts métalliques sur les faces interne et externe. Trouvaille isolée. Inv. S.A. 461.
5. Creuset. Fragment de fond. Diam. 3,5 cm environ. Paroi évasée, courbe. Fragment de fond plat, paroi légèrement oblique. Lieu de découverte: *insula* 20. Inv. 67/9228 (K 3281).

4. La matière des creusets

On a vérifié par diffraction X la matière des creusets d'Avenches. Ils sont bien réalisés en graphite qui est une des formes cristallisées du carbone, de couleur noire ou gris foncé, très tendre, onctueuse au toucher lorsque le carbone ne se trouve pas mêlé à trop d'impuretés, ce qui arrive fréquemment dans ses gisements.

Le graphite des creusets d'Avenches présente des aspects fort différents d'un exemplaire à l'autre. Il peut s'agir d'un matériau très bien cristallisé, en paillettes brillantes de près d'un millimètre de diamètre, mais aussi d'un graphite plus terne, paraissant amorphe. L'un et l'autre type contiennent parfois d'assez nombreuses inclusions naturelles, du quartz essentiellement.

⁵Cf. note 2. P. Chardron-Picault, M. Pernot (dir.), *Un quartier antique d'artisanat métallurgique à Autun. Le site du Lycée militaire* (Documents d'archéologie française 76), Paris, 1999, p. 177, fig. 145.

⁶Cf. A. HOCHULI-GYSEL, Nouvelles attestations de la production de verres soufflés à Avenches/Aventicum, *Bulletin de l'Association française pour l'archéologie du verre* 1997-1998, p. 3, fig. 1.

Les creusets ont été taillés dans des blocs de graphite massif. Il ne s'agit donc pas de creusets fabriqués à partir de poudre de graphite compactée, en utilisant par exemple un liant argileux réfractaire. L'utilisation des creusets à haute température ayant fait disparaître la plupart des traces d'outil qui auraient permis de reconstituer leur mode de fabrication, celui-ci ne peut être précisé.

L'origine géographique du matériau de ces creusets demeure inconnue. On sait toutefois – s'agissant des régions relativement proches du plateau suisse – que de nombreux gisements de graphite se rencontrent dans les formations métamorphiques des Alpes. C'est ainsi que près de quatre-vingts gisements ont été recensés pour les seules Alpes piémontaises et lombardes⁷. On en connaît également dans les Alpes bavaroises et autrichiennes, et même en Suisse. Mais la plupart de ces gisements sont très petits. Les plus importants se trouvent, pour l'Italie, dans la région du Piémont, mais surtout en Autriche, en Styrie notamment. Dans cette dernière région, l'utilisation des creusets de graphite est attestée par les découvertes archéologiques, mais, jusqu'à présent, elle ne semble pas antérieure à l'époque médiévale⁸.

Il est vraisemblable, compte tenu de la multiplicité des sources de graphite envisageables, que l'origine du matériau des creusets d'Avenches soit très difficile à établir à l'issue d'une démarche archéométrique. En revanche, la répartition spatiale de ces creusets et son étude sur la longue durée pourraient permettre de limiter le nombre des hypothèses concernant leur origine et fournir des indications de localisation précieuses. C'est là d'ailleurs l'une des raisons qui nous ont poussés à signaler les exemplaires d'Avenches, dans l'espoir que soient portées à la connaissance des chercheurs l'existence éventuelle de trouvailles anciennes et les découvertes récentes.

5. La fonction des creusets

Une autre raison qui a motivé cette publication des creusets d'Avenches tient à leur utilisation. Celle-ci pose encore un certain nombre de problèmes que l'on peut espérer résoudre lorsqu'on disposera d'un matériel d'étude plus abondant. Ce sont ces problèmes que l'on évoquera maintenant, en se fondant sur les traces qui ont été laissées à l'intérieur des quatre premiers creusets (fig. 1, n° 1-4; fig. 2), le cinquième (fig. 1, n° 5), de plus petite taille, ne permettant pas les mêmes observations.

Ces traces sont assez surprenantes. On observe en effet, sur la paroi interne des creusets de graphite, un revêtement vitreux se prolongeant parfois vers le fond par de véritables coulures de plusieurs millimètres d'épaisseur (fig. 2). Cette phase vitreuse présente souvent des bulles en assez grand nombre, mais, surtout, elle renferme localement de très

nombreuses billes métalliques de quelques dixièmes de millimètre de diamètre, pouvant atteindre exceptionnellement un ou deux millimètres. Elles se concentrent normalement dans le fond du creuset. Il s'agit de billes de laiton, alliage de cuivre et de zinc, alors que la phase vitreuse qui les renferme serait un verre silicaté riche en oxydes de zinc, de plomb et de potassium. Ce dernier constituant provient manifestement des cendres. On en retrouve parfois dans le fond des creusets où des zones cendreuses contenant de nombreux et très petits charbons de bois ont été isolées et protégées par les coulures vitreuses. On ajoutera encore que l'étude par diffraction X de l'intérieur des creusets révèle la présence constante d'orthosilicate de zinc, $Zn_2 SiO_4$.

Cette omniprésence des composés du zinc dans les dépôts qui adhèrent encore aux parois des creusets d'Avenches n'a rien à voir avec ce qu'on observe à l'intérieur des creusets en céramique qui ont été utilisés pour la fusion du laiton. En revanche, ils offrent des similitudes évidentes avec les creusets en argile réfractaire qui ont servi à la préparation du laiton par cémentation⁹. C'est pourquoi on appellera d'abord, mais brièvement, les caractéristiques de cette fabrication.

Bien que le laiton – alliage de cuivre et de zinc, très apprécié pour sa couleur jaune d'or – ait été très largement employé à l'époque romaine pour de nombreux objets décoratifs et utilitaires, ainsi que dans le monnayage impérial, le zinc n'était pas un métal connu des métallurgistes romains. La raison en était l'impossibilité où l'on se trouve d'obtenir le zinc métallique par réduction de ses minerais, comme on le fait habituellement pour de nombreux autres métaux. En effet, le carbonate de zinc, $Zn CO_3$, ou smithsonite qui est un minéral assez répandu dans la nature se décompose en oxyde, ZnO , à partir de 300°C, celui-ci étant facilement réduit à l'état métallique par le carbone au-dessus de 990°C. Mais à ces températures le zinc se trouve à l'état gazeux, sa température d'ébullition n'étant que de 907°C. Le zinc est donc libéré sous forme de vapeurs qui s'enflamme immédiatement au contact de l'air pour retourner à l'état d'oxyde.

Ne pouvant donc, faute de zinc à l'état métallique, obtenir le laiton par fusion directe des deux constituants, la solution des métallurgistes romains a consisté à chauffer le cuivre sous une forme aussi divisée que possible, sans doute sous forme de lames, dans un creuset contenant un mélange de carbonate de zinc et de charbon de bois. La vapeur de zinc qui apparaît au-dessus de 907°C à la suite de la réduction de l'oxyde par le carbone se fixe peu à peu sur les lames de cuivre pour donner du laiton. C'est l'opération de cémentation.

Le creuset doit être maintenu à une température inférieure à 1083°C, température de fusion du cuivre qu'il convient de ne pas dépasser si l'on veut éviter que ce métal ne se rassemble au fond du creuset, ce qui réduirait sans doute beaucoup les possibilités de fixation de la vapeur de

⁷D'après le recensement, encore non publié, du Professeur G. Liborio de l'Université de Milan, qui a bien voulu nous communiquer, et très généreusement, de précieux renseignements sur ce matériau.

⁸Renseignement obligamment fourni par Madame E. Schindler-Kaudelka.

⁹M. PICON, M. LE NEZET-CÉLESTIN, A. DESBAT, Un type particulier de grands récipients en terre réfractaire utilisés pour la fabrication du laiton par cémentation (*S.F.E.C.A.G., Actes du Congrès de Rouen 1995*), Marseille, 1995, p. 207-215.



Fig. 3. Carte de répartition des creusets et d'autres attestations des artisanats du métal à Aventicum.

1 : Forge

2, 3, 12 et 15: dépôts de bronzier

4, 21 : ateliers de l'artisanat du métal

(Suite de la légende de fig. 3)

Creusets en graphite:

- 6: cat. n° 1 (inv. 71/899)
 17: cat. n° 5 (inv. 67/9228, K 3281)
 19: cat. n° 2 (inv. 64/1974, K 2744)
 sans lieu de découverte: cat. n° 3 (inv. 1908/4651) et 4 (inv. SA/461)

Creusets en céramique:

- 5: inv. 62/2458, K 1925; inv. 74/466, K 4220
 7: inv. 84/14, K 7662
 8: inv. 70/1683, K 3861
 9: inv. 65/6270, K 2968
 10: inv. 73/2597.1, K 4165; inv. 73/3409, K 4172; inv. 73/3553, K 4174; inv. 75/4288, K 4518; inv. 76/44, K 4542; inv. 76/2334, K 4542; inv. 76/2335, K 4542; inv. 82/2639, K 5437; inv. 83/835, K 5552; inv. 84/29, K 7692; inv. 84/32, K 7694
 11: inv. 1865/1223; inv. 1865/1224
 13: inv. 68/137, K 3482; inv. 68/1215, K 3489; inv. 67/5437, K 3434
 14: inv. 79/13516, K 5060
 16: inv. 67/8442, K 3270; inv. 67/8443, K 3270; inv. 67/8515, K 3273; inv. 67/8580, K 3274; inv. 67/8822, K 3275; inv. 67/9229, K 3281; inv. 67/9296, K 3283; inv. 67/9395, K 3285; inv. 67/9918, K 3294; inv. 67/10120, K 3298; inv. 67/12511, K 3304; inv. 67/13126, K 3269
 18: inv. 71/105, K 4033
 20: inv. AA 1940/44
 22: inv. 68/4551, K 352; inv. 68/11202, K 3542

zinc. En revanche on a avantage à ce que la température soit supérieure à 1000° C, température autour de laquelle fond un alliage cuivre-zinc à 20 % de Zn, ce qui permet aux parties du cuivre qui ont fixé plus de 20 % de zinc de fondre et de se rassembler dans le fond du creuset. Mais il est indispensable évidemment que l'on parvienne à supprimer la circulation de l'air à l'intérieur du creuset, afin que la vapeur de zinc ne retourne pas à l'état d'oxyde. Ce qui peut se faire en scellant le creuset et/ou en terminant son remplissage par une épaisse couche de charbon.

Les dépôts que l'on peut observer à l'intérieur des creusets d'Avenches présentent cependant des différences avec ceux qui existent sur les creusets en argile réfractaire de Lyon, Autun¹⁰ et Alésia. On y trouve il est vrai le même silicate de zinc qui résulte de la réaction à haute température de l'oxyde de zinc et de la silice provenant ici des impuretés des matériaux en présence. Mais la couche vitreuse y est beaucoup plus développée que sur les exemplaires issus de ces trois sites. Il est certes possible qu'un même creuset de graphite ait servi à de nombreuses opérations de cémentation, d'où un effet d'accumulation, alors qu'il semble bien que les creusets en argile réfractaire aient été brisés après chaque opération, le bouchon en argile qui les scellait ne permettant guère l'extraction du culot de laiton sans destruction du creuset. Cela constituerait un avantage certain pour les creusets de graphite, encore que nous ignorions à quoi ressemblait leur embouchure, non conservée, et si elle permettait effectivement une extraction aisée du culot métallique.

Une autre différence réside dans la rareté des billes métalliques qui semble caractériser les creusets en argile réfractaire. Serait-elle liée au moindre développement de la phase vitreuse? La réponse impliquerait que le rôle de cette phase

vitreuse dans la formation des billes de laiton fût élucidé, ce qui n'est pas encore le cas.

Il est possible aussi que la qualité plutôt médiocre du minéral de zinc utilisé à Avenches rende compte de certaines des différences observées. On constate en effet la présence de plomb en quantité relativement importante dans les dépôts qui sont à l'intérieur des creusets d'Avenches, ce qui laisse supposer que le carbonate de zinc utilisé contenait une assez forte proportion de carbonate de plomb, ces deux minéraux se trouvant très souvent associés. Dans un cas au moins, la proportion de carbonate de plomb fut telle qu'une mince couche de plomb métallique tapissant le fond d'un creuset subsistait encore¹¹. C'est peut-être à cette moindre qualité des minéraux de zinc disponibles – et donc à la qualité inférieure de son laiton – qu'Avenches dût de ne pas avoir été – semble-t-il – un très grand centre de fabrication du laiton.

Au terme de cette première étude des creusets de graphite encore bien incomplète, on voudrait souligner l'intérêt des trouvailles d'Avenches qui nous révèlent un nouveau type de creuset de cémentation, et très probablement une autre variante des procédés de préparation du laiton. Sans doute faudra-t-il attendre des trouvailles plus nombreuses – trouvailles que cette étude voudrait engager à publier ou, pour le moins, à signaler – pour que des progrès substantiels puissent être réalisés dans la connaissance de ces procédés métallurgiques¹².

¹¹ Mais on ne saurait exclure l'hypothèse d'un réemploi de ce creuset pour une autre opération métallurgique, qui ne serait pas la production du laiton.

¹² Cf. pour les questions abordées Alex R. FURGER, Experimente mit «römischen» Bronze- und Messinglegierungen, p. 150-153, in: Alex R. FURGER et Josef RIEDERER, Aes und aurichalcum. Empirische Beurteilungskriterien für Kupferlegierungen und metallanalytische Untersuchungen an Halbfabrikaten aus metallverarbeitenden Werkstätten in Augusta Raurica, *Jahresberichte aus Augst und Kaiseraugst* 16, 1995, p. 115-180.

¹⁰ P. CHARDON-PICAUT et M. PICON, La fabrication du laiton, à Autun, durant la période romaine: premières recherches. *Société Eduenne des lettres, sciences et arts, Mémoires, Nouvelle série*, t. LVI, 1997-1998, p. 171-182, p. 177-180, fig. 1-3.