

Zeitschrift: Cahiers d'archéologie romande
Herausgeber: Bibliothèque Historique Vaudoise
Band: 87 (2001)

Artikel: L'atelier de verriers d'Avenches : l'artisanat du verre au milieu du 1er siècle après J.-C.
Autor: Amrein, Heidi
Kapitel: 2: L'outillage
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-835831>

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: 24.02.2026

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

2. L'OUTILLAGE

2. 1. Les cannes à souffler

Dans la vieille ville de Jérusalem (IL), les fouilles du dépotoir du plus ancien atelier de soufflage de récipients, ont livré des tubes en verre, ouverts d'un côté et fermés de l'autre²⁶⁴. Le côté fermé forme souvent une sorte de bulle, qui correspond à un premier stade de soufflage. Les verriers ont donc utilisés des tiges creuses en verre pour le soufflage de petits flacons. Les tubes ont été fabriqués par enroulement d'une masse de verre étalée dont témoignent les nervures longitudinales²⁶⁵. A notre connaissance, il s'agit d'une trouvaille unique et très importante parce qu'elle prouve que les cannes à souffler n'ont pas toujours été en métal.

A Avenches aucun fragment de canne à souffler n'a pu être identifié. En revanche, l'étude des mors, petits déchets de verre provenant de l'extrémité de la canne, atteste indirectement leur présence et permet de connaître quelques éléments sur le matériau dont elles sont faites et leur dimension. Ainsi, les variantes 1 et 2 des mors conservent l'empreinte de la canne sous forme de couche ou de taches métalliques noirâtres, identifiées grâce à des analyses métallographiques comme étant du fer (voir par exemple pl. 10/5). Les impuretés noirâtres visibles sur toutes les variantes de mors, même sur celles qui sont situées à une certaine distance de la canne, témoignent sans conteste du contact du verre en fusion avec le fer. Les empreintes de canne sur les mors des variantes 1 et 2 et, dans une certaine mesure, de la variante 3 détachés à peine au-dessus de la canne, nous ont permis de calculer d'une façon approximative le diamètre originel externe des cannes, dont la majeure partie se situe entre 11 et 15 mm²⁶⁶. Quelques rares exemplaires pouvaient même atteindre 20 mm. La petite taille des empreintes n'a pas permis de connaître la forme exacte de l'embouchure; de même, nous ne disposons d'aucune indication concernant la longueur des cannes.

Des traces métalliques sont connues sur des mors provenant de divers ateliers de verriers. Les analyses métallographiques confirmant la présence de cannes en fer n'ont été faites que très rarement. Il en va de même pour les mesures des diamètres. Pourtant, la présence de fer peut être supposée dans beaucoup de cas grâce aux impuretés noirâtres. Ainsi, en l'absence d'études approfondies, nous mentionnons ici à titre indicatif les mors que nous avons examiné ou ceux qui ont été publiés d'une façon détaillée (fig. 81). En France, on peut signaler plusieurs découvertes de mors avec des taches métalliques non analysées, notamment à Saintes, dans deux

ateliers de Lyon et à Aix-en-Provence; en Allemagne il faut mentionner les pièces non publiées de Kempten²⁶⁷. Les mors de Saintes ont permis de proposer des diamètres de cannes allant de 15 à 26 mm, ceux de Lyon de 15 à 25 mm, parfois même 30 mm. Les fouilles récentes d'un dépotoir à Avenches, au lieu-dit Pro Chimie, ont livré des mors avec des taches et empreintes métalliques avec des diamètres de cannes allant de 12 à 16 mm²⁶⁸. Les mors cylindriques de l'atelier tardif de Jalame en Israël attestent des cannes dont la majorité comporte un diamètre de 17 mm. L'exemplaire le plus petit mesure 11 mm, le plus grand 21 mm. G. D. Weinberg propose pour l'atelier de Jalame une reconstitution schématique de l'emplacement du mors sur la canne à souffler; cette reconstitution est, à notre avis, fausse; le bord de la canne ne devait en effet pas toucher entièrement la partie concave du mors. A Jalame des cannes à souffler ont probablement été fabriquées comme en témoigne un amas de métal fondu²⁶⁹.

De l'époque romaine, seuls de rares fragments de cannes à souffler sont connus (fig. 82). Ainsi, à Mérida, en Espagne, treize tubes en fer ont été découverts parmi les rebuts d'un atelier de verriers daté du 4^e siècle. Il s'agit de tubes fabriqués à l'aide de feuilles de fer enroulées, puis martelées²⁷⁰. Le fragment le mieux conservé atteint une longueur de 43,5 cm; leur diamètre externe mesure 15 mm. Cinq pièces comportent à l'une des extrémités une embouchure légèrement évasée avec un diamètre de 30 mm. Grâce à des analyses, on a constaté que les tubes ont subi un réchauffement après leur fabrication, une caractéristique propre aux cannes à souffler. Il est donc fort probable que les tiges creuses en fer de Mérida appartiennent bien à des cannes à souffler. A Aix-en-Provence (F), les fouilles récentes d'un atelier de verriers du milieu du 2^e siècle ont livré huit fragments de tubes en fer qui pourraient provenir de cannes à souffler. L'identification n'est pourtant pas assurée. Le diamètre externe des tiges mesure 13 mm et le fragment le plus long atteint 90 mm²⁷¹. Il s'agirait des plus anciennes cannes à souffler en métal connues à ce jour. Il faut encore signaler un fragment probable de canne à souffler découvert lors des fouilles d'un atelier de verriers à Sainte-Menehould (F), probablement actif dans le courant du 4^e siècle. Le tube en fer est conservé sur une longueur de 832 mm et comporte un diamètre externe de 16 à 17 mm²⁷².

Site/no. annexe 1	Diamètre externe	Datation
Avenches, Derrière-la Tour/CH 1	env. 11-15 mm; certains 20 mm	40-70/80
Avenches, Pro Chimie/CH 2	env. 12-16 mm	fin 1 ^{er} s./début 2 ^e s.
Saintes/F 6	env. 15-26 mm	fin 1 ^{er} s./début 2 ^e s.
Lyon, la Muette/F 1	env. 15-25 mm	2 ^e moitié du 1 ^{er} s.
Lyon, quai Serin/F 3	env. 15-30 mm	fin 1 ^{er} s./début 2 ^e s.
Jalame/IL 3	env. 17 mm; certains 11 ou 21 mm	351/352-383

Fig. 81. Tableau récapitulatif concernant les dimensions de cannes à souffler de l'époque romaine. Diamètres externes approximatifs obtenus grâce aux empreintes sur des mors.

Site/no. annexe 1	Diamètre externe	Longueur conservée	Datation
Mérida/E 4*	15 mm	435 mm	4 ^e s.
Aix-en-Provence/F 10	13 mm	90 mm	milieu 2 ^e s.
Sainte-Menehould/F 14	16-17 mm	832 mm	probablement 4 ^e s.

Fig. 82. Liste des tiges en fer creuses provenant peut-être de cannes à souffler.

*: l'identification comme canne à souffler peut quasiment être assurée.

Dans les ateliers médiévaux, les trouvailles de cannes à souffler semblent être plus fréquentes. Il s'agit également de cannes fabriquées à l'aide de feuilles de métal enroulées puis martelées. A titre d'exemple, on peut citer des fragments provenant d'ateliers situés en France méditerranéenne (ateliers de Cadix, de la Seube ou de Planier)²⁷³ ou les très nombreuses pièces d'un atelier actif pendant le 15^e siècle dans la vallée de Nassach, dans le Bade-Wurtemberg (D)²⁷⁴. Le diamètre externe des cannes des ateliers du Sud de la France atteint en moyenne 15 mm.

Les cannes à souffler en métal d'époque romaine ne semblent donc guère différer de celles utilisées pendant le Moyen Age. Il s'agit de tiges en fer creuses fabriquées à l'aide d'une feuille de métal enroulée puis martelée. Leur diamètre externe se situe en général entre 11 et 17 mm, à l'exception de quelques exemplaires plus grands. Aucune pièce n'a conservé sa longueur originale, mais par analogie avec des représentations figurées dans des encyclopédies ou l'outillage utilisé dans des ateliers de verriers élémentaires du Proche-Orient, on peut proposer une longueur entre 1.00 à 1.80 m²⁷⁵. Dans un atelier du Caire, actif au 20^e siècle la canne mesure 1 à 1.20 m de long et son diamètre externe s'élève à 15 mm²⁷⁶. Quelques documents antiques illustrent des verriers en train de souffler du verre. Il s'agit notamment de deux lampes en terre cuite de la deuxième moitié du 1^{er} siècle²⁷⁷ et peut-être d'une terre cuite égyptienne du 1^{er} ou du 2^e siècle²⁷⁸. Le décor quasi identique du médaillon des deux lampes montre un four flanqué de chaque côté d'un souffleur de verre assis sur un tabouret²⁷⁹. Les représentations assez rudimentaires des cannes ne permettent pas d'en identifier les détails. Il semble pourtant que les cannes illustrées sur les lampes soit extrêmement courtes; certains chercheurs en ont déduit qu'il pourrait s'agir de cannes en terre cuite²⁸⁰. La terre cuite conduit moins bien la chaleur et par conséquent les cannes peuvent être plus courtes (entre 30 et 60 cm) que celles en métal. Des expérimentations faites avec des cannes en terre cuite au Toledo Museum of Art, sous la direction de Marianne E. Stern, ont démontré la facilité avec laquelle on peut souffler du verre avec de telles cannes. A défaut de preuves archéologiques, cette proposition séduisante reste encore une hypothèse. Les taches et couches de fer sur les mors d'Avenches témoignent très clairement de cannes métalliques et non de cannes en terre cuite²⁸¹.

2. 2. Les tiges en fer («pontils»)

Le pontil est en principe la masse de verre à l'état de demi-fusion utilisée pour fixer deux éléments en verre. Dans le domaine du verre antique, on désigne comme pontil la tige en fer, avec laquelle on reprend un récipient soufflé par son fond; la marque de pontil reste visible après le détachement de la tige. Pour fixer des anses ou appliquer des filets, le verrier se sert également d'une tige en fer qui peut être le même outil. Ainsi la plupart des chercheurs l'appelle aussi

pontil²⁸². Nous utilisons dans notre étude le terme pontil pour dénommer une tige en fer.

Aucune tige pleine ayant pu servir d'outil de verrier n'a pu être identifiée parmi le matériel de l'atelier d'Avenches. En revanche, des morceaux de verre de forme irrégulière ont conservé des empreintes de tiges en fer, très probablement pleines, d'un diamètre d'environ 8 à 10 mm (pl. 12/21-23)²⁸³. L'étude de ces rebuts a montré que dans l'atelier d'Avenches les tiges ont été utilisées pour l'application de fils blancs et d'anses et non pas pour reprendre les récipients par le fond. Dans ce cas, le verrier recueille une petite quantité de verre qu'il colle au fond du récipient (empontillage); une fois le façonnage terminé, il sépare la tige du fond. Ce procédé laisse une marque sur le fond du récipient fréquemment observée sur les verres romains²⁸⁴. La canne à souffler pouvait également être utilisée comme pontil, comme en témoignent des marques bien circulaires²⁸⁵. Il est d'ailleurs intéressant de noter que dans des ateliers actifs au 20^e siècle, au Caire et à Damas, les verriers disposent de différents types de tiges, chacune d'environ un mètre de long pour un diamètre de 12 mm. Ainsi, le pontil de préhension, utilisé pour tenir le récipient par le fond, comporte une extrémité plate, tandis que le pontil à faire les anses présente une extrémité pointue. Une troisième tige en fer, le pontil d'extraction, qui sert à extraire les impuretés de la pâte de verre en fusion dans la sole, est légèrement recourbée²⁸⁶. Dans l'état actuel de nos connaissances, il est impossible de savoir si à l'époque romaine il existait également différents types de pontil. En effet, seuls quelques fragments de pontils probablement romains ont été identifiés à ce jour²⁸⁷.

Pour l'époque romaine, le pontil est donc essentiellement attesté par des rebuts qui ont conservé son empreinte et par des marques laissées sur le fond des récipients. Or, il semble que les récipients qui présentent une marque de pontil, n'apparaissent que vers le milieu du 1^{er} siècle ou peu avant²⁸⁸. Ainsi, pour le site d'Avenches, les premières attestations de marques datent des années 60/80 tandis qu'à Augst/Kaiseraugst elles ne semblent pas être attestées avant le milieu du 1^{er} siècle²⁸⁹. En considérant les nombreuses publications sur le verre romain, une situation analogue semble se présenter sur d'autres sites. On ne peut pourtant pas exclure complètement le fait que des verriers ont pu effacer les marques laissées par le pontil, argument pourtant peu convaincant. Seule une recherche approfondie, qui dépasserait le cadre de ce travail, permettrait de préciser à quelle date et pour quelle raison le pontil de préhension a été introduit²⁹⁰.

Les observations faites sur le matériel de l'atelier d'Avenches amènent quelques éléments intéressants dans ce débat. Ainsi, l'utilisation du pontil pour reprendre les récipients par le fond peut, me semble-t-il, être exclue pour diverses raisons: tout d'abord l'absence de marques de pontil sur les milliers de fragments de récipients n'est sans doute pas un hasard²⁹¹; ensuite des empreintes de pinces entourées de stries circulaires observées à la base des cols et sur des rebuts,

qui proviennent de la moitié supérieure de celui-ci (pl. 12/20)²⁹², prouvent que les verriers se servaient de pinces pour tenir les pièces soufflées lors du façonnage des bords et des anses. Les récipients fabriqués à Avenches sont presque exclusivement de petite taille et en verre très fin. Les flacons à corps sphérique, bulbeux ou ovoïde ne dépassaient guère les 13 à 20 grammes, les cruches ont peut-être atteint un poids d'environ 100 grammes. Ni la taille, ni le poids des récipients ne s'opposent donc à l'utilisation de pinces.

2. 3. Les pinces et autres outils

L'utilisation de pinces ou de fers, dont aucun fragment ne nous est parvenu, est attestée par de nombreuses empreintes. Ainsi, sur des fragments cylindriques et coniques, identifiés comme des rebuts, on peut observer des marques sous forme de petites lignes droites entourées de stries circulaires (pl. 12/20)²⁹³. On trouve des stries circulaires également à la base du col des flacons à épaule évasée, ainsi qu'à la constriction des fonds à étranglement (pl. 5/92-103). D'autres déchets de travail, comme les tubes se terminant par une partie évasée, comportent très clairement l'empreinte d'un outil²⁹⁴, probablement des pinces. On peut essayer de reconstituer la forme de ces derniers à l'aide de quelques trouvailles isolées d'époque romaine tardive et du Moyen Age, ainsi qu'à l'aide de comparaisons avec des outils de certains ateliers d'époque moderne. L'officine de Komarovo, en Ukraine, datée du 3^e/4^e siècle a livré des pinces faites d'une seule pièce, composée de deux branches d'une longueur de 20 cm chacune²⁹⁵. Les branches des pinces en fer découvertes dans un atelier du Sud de la France, actif vers la fin du 13^e siècle, présentent une extrémité légèrement recourbée vers l'extérieur et mesurent 15 cm de long²⁹⁶.

A titre de comparaison, nous pouvons de nouveau citer les outils des ateliers modernes du Caire et de Damas²⁹⁷. Comme pour les pontils, il existe différentes formes de pinces, qui correspondent à diverses étapes de la chaîne opératoire. Il s'agit d'outils en fer constitués d'une seule pièce également. Le type principal présente des branches de section circulaire, qui mesurent entre 32 et 52 cm et dont les extrémités se terminent en pointe. Cet outil sert à modeler des vases, par exemple à ouvrir le col, à façonnner le fond ou à égaliser la surface (pl. 65 /65). Une deuxième paire de pinces, semblable à la trouvaille de l'atelier Komarovo, mesure 30 cm de long et présente des branches de section rectangulaire se terminant également en pointe. Le verrier la pose souvent sur ses cuisses, ce qui lui permet d'y appuyer la canne lors du modelage du récipient par des mouvements de rotation. Ces pinces servent en même temps à coller les anses. Le troisième type de pinces est constitué de branches de section rectangulaire qui se terminent par une ligne droite. Cet outil assez long, qui peut atteindre 60 cm, sert à disposer les récipients dans la chambre de refroidissement. Faute de preuves archéologiques, il est difficile, voire impossible de dire, si les formes des pinces d'époque romaine correspondaient à celles des ateliers de Caire et de Damas (pl. 19/66, suspendues derrière le verrier). A notre avis, une ressemblance est fort probable; en outre, on peut supposer l'existence de pinces en bois.

Les verriers d'Avenches se servaient très probablement de ciseaux pour couper le surplus de verre lors de la fabrication d'anses par exemple. Certaines baguettes présentent des entailles, qui auraient pu être provoquées par l'utilisation de cet outil²⁹⁸. Les ondes de choc, dues au débitage des blocs de

verre brut, témoignent probablement de l'existence de petits marteaux.

2. 4. Les céramiques recouvertes d'une croûte argileuse (les «creusets»)

Le dépotoir et l'atelier ont livré une grande quantité de céramique tournée de pâte grise et orangée. Plusieurs éléments indiquent qu'il ne peut s'agir de simple vaisselle et que ces céramiques étaient utilisées dans un processus artisanal²⁹⁹. Une croûte argileuse recouvre leur paroi externe ou interne et certains fragments sont fortement brûlés par endroits, ce qui a modifié leur couleur et provoqué des fentes, des vitrifications, ainsi que des déformations (pl. 19/67). De petites gouttes de verre sont parfois visibles à l'extérieur et plus rarement à l'intérieur des récipients. Comme nous le verrons, seule une partie des fragments mentionnés a été utilisée pour fondre du verre.

Trois formes ont pu être identifiées (fig. 83), dont deux en pâte grise et une en pâte orangée. Le premier type, en pâte grise est le plus fréquent. Il correspond à une terrine tronconique à fond plat et à bord rentrant, forme bien connue à Avenches dans le courant du 1^{er} siècle. La deuxième forme, également en pâte grise, est un pot ovoïde à fond plat et à bord arrondi ou triangulaire, qui était utilisé à Avenches durant le deuxième et le troisième quart du 1^{er} siècle, probablement pour la cuisine. Vient ensuite un récipient cylindrique à marli horizontal dont la pâte orangée n'a été remarquée sur aucun autre type de céramique à Avenches. Les terrines tronconiques et les pots ovoïdes (formes 1-2) en pâte grise semblent être des réemplois de vaisselle, tandis que les récipients cylindriques en pâte orangée (forme 3) ont probablement été fabriqués à de seules fins artisanales. La croûte argileuse des formes 1-2 couvre presque exclusivement l'intérieur, tandis que celle de la forme 3 se rencontre uniquement sur la face externe. Les croûtes ne se différencient pas seulement par leur position sur les récipients, mais également par leur aspect. Sur les formes 1-2, il s'agit d'un revêtement fin de couleur jaune pâle ou orange brique. Il est en général mince et très friable. Il faut noter l'absence de gouttes de verre; seules de minuscules particules de verre visibles à la loupe ont pu être identifiées sur quelques fragments. La croûte identifiée sur la forme 3 est, en revanche, assez épaisse (env. 3-4 mm) et dure (fig. 84). Elle est également friable et sa couleur varie de l'orange brique au gris foncé. Des coulures et des gouttes de verre peuvent être observées sur la face externe, très rarement sur la face interne.

La présence d'une croûte externe assez épaisse est bien connue sur les creusets provenant d'ateliers de verriers dès le Bas-Empire. Elle devait protéger les récipients de la chaleur à laquelle ils étaient exposés³⁰⁰. Il s'agit donc d'un véritable enduit protecteur proche de celui qu'on trouve sur les petits creusets de bronziers. Dans un premier temps, nous avions supposé que les céramiques recouvertes d'une croûte argileuse étaient utilisées comme des creusets pour fondre le verre à souffler. En effet le contexte archéologique dont les céramiques sont issues, la grande quantité des pièces, l'aspect brûlé de certaines d'entre elles, ainsi que la présence d'une croûte protectrice et de gouttes de verre laissent penser à cette utilisation. Une analyse plus approfondie des récipients et des rebuts de verre a remis cette hypothèse en question. Nous exposerons très brièvement les différents arguments qui parlent en faveur d'une interprétation comme creusets et ceux qui s'y opposent. Par la suite, nous essayerons de proposer d'autres interprétations possibles.

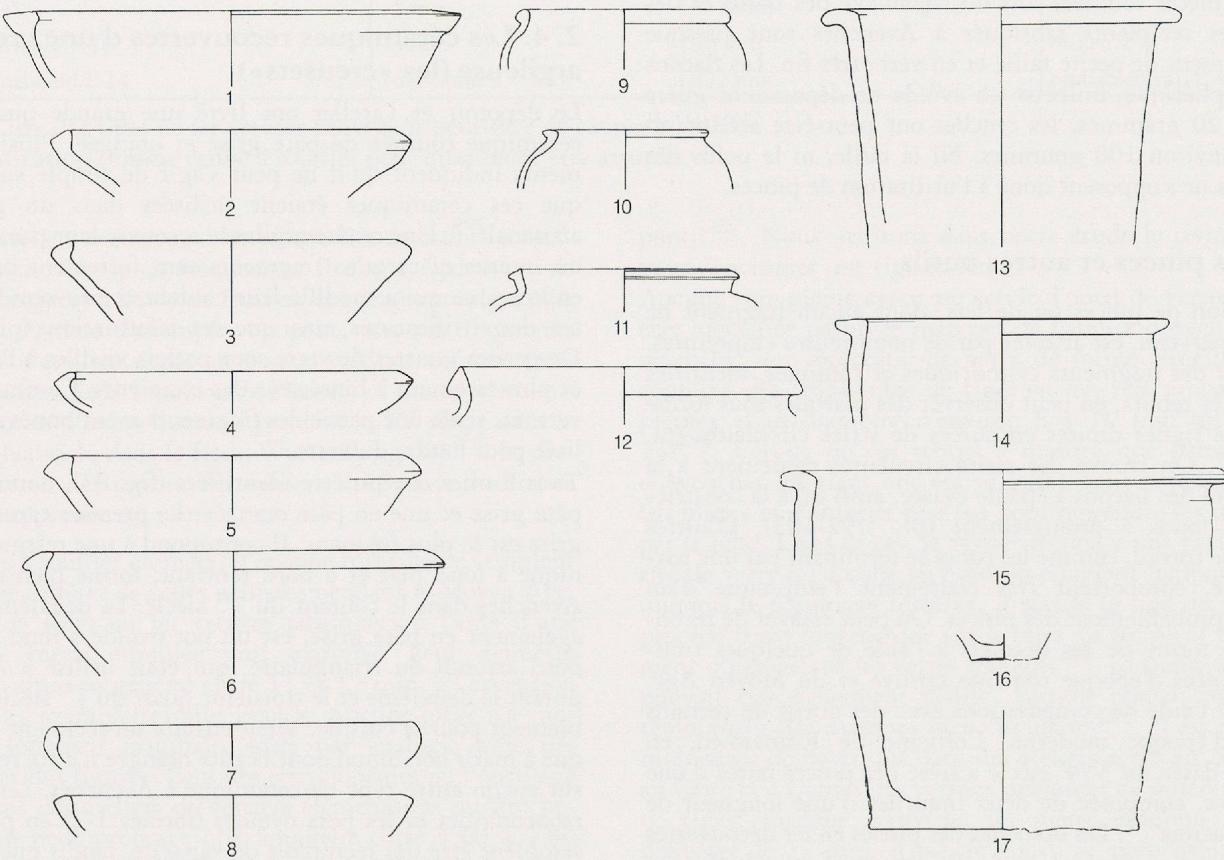


Fig. 83. Formes des céramiques recouvertes d'une croûte argileuse. 1-8: forme 1; 9-12: forme 2; 13-17: forme 3. (Ech. 1:5)

Aucun morceau de verre brut n'a conservé l'empreinte d'un creuset sous forme d'une fine couche d'argile, un indice pourtant bien connu sur d'autres sites verriers³⁰¹. Cette couche d'argile est due au contact du verre en fusion avec la céramique et sa présence prouve incontestablement l'utilisation de creusets. De surcroît, un certain nombre de terrines tronconiques (forme 1), dont le diamètre du bord peut atteindre 36 cm, nous semblent bien grandes pour des fours dont les diamètres se situent à environ 50 cm.

Devant cette difficulté d'interprétation nous avons fait analyser six fragments des creusets présumés par le laboratoire de Céramologie du Centre de Recherches Archéologiques à Lyon³⁰²; parmi ces échantillons, trois fragments en céramique orangée, qui appartiennent à la forme 3, ainsi que trois fragments en pâte grise des formes 1-2³⁰³. L'analyse a relevé que tous les échantillons appartiennent à des céramiques non réfractaires contrairement à tous les creusets du Bas-Empire, du Haut Moyen Age et du Moyen Age analysés jusqu'ici, qui ont été façonnés dans de l'argile réfractaire. Les céramiques d'Avenches sont très probablement façonnées avec une argile locale, comme les creusets d'autres sites plus tardifs. Nous étions également intéressés par les températures de cuisson auxquelles ces céramiques étaient exposées après leur fabrication. Après un premier examen, M. Picon a exclu les céramiques à pâte grise des formes 1 et 2 des analyses en question: «Les traces d'envolage, avec notamment des dégradés de gris dans l'épaisseur de la paroi, étaient manifestement des traces qui avaient été produites au cours de leur cuisson initiale. Or en cas de recuisson à température élevée, résultat de leur utilisation comme creuset, ces traces n'auraient pas pu subsister telles quelles. Il

n'a donc pas pu y avoir d'utilisation à température élevée.»³⁰⁴ Les mesures, par dilatométrie, des températures de cuisson ont donc uniquement été faites pour les céramiques à pâte orangée avec une croûte argileuse externe (forme 3, nos d'analyses AVA 1-3). Parmi les trois échantillons, seul un fragment paraît avoir été réutilisé après sa cuisson initiale, les deux autres étant «neufs».

Résultats des mesures, par dilatométrie, des températures de cuisson des céramiques à pâte orangée (fig. 83/forme 3):

AVA 1: cuisson inférieure à 830°C.

AVA 2: utilisation proche de 940°C.

AVA 3: cuisson inférieure à 830°C.



Fig. 84. Fragment de céramique avec croûte argileuse externe.

Le fragment AVA 2 a donc été réchauffé à 940°C après sa fabrication. Des mesures en cours sur des creusets d'un atelier de Vienne, actif entre le 4^e et le 5^e siècle, ainsi que sur des échantillons de creusets du Bas-Empire provenant de Bretagne et de Provence montrent qu'ils ont été portés à des températures bien plus élevées³⁰⁵. La confrontation des températures de cuisson des creusets avec celles des différents stades de fusion du verre sodique permet de formuler certaines hypothèses sur leur utilisation. La température de 940°C attestée à Avenches permettait aux verriers de façonner le verre en fusion. La température n'était en revanche pas suffisante pour pouvoir le recueillir avec la canne à souffler, procédé pour lequel il faut atteindre 1000°C à 1150°C (fig. 85). La présence de gouttes et de coulures de verre sur la face externe, et plus rarement sur la face interne, des céramiques à pâte orangée (forme 3) prouve incontestablement que les verriers d'Avenches ont fondu du verre dans ces récipients. Les nombreux fragments de verre fondus monochromes et multicolores attestés parmi les rebuts, témoignent également de ce procédé de fusion (pl. 14/36)³⁰⁶. Il est intéressant de noter que la grandeur des fragments amalgamés correspond dans la majorité des cas, à celle des morceaux de verre brut monochrome.

En considérant les éléments mentionnés ci-dessus, nous proposons l'hypothèse suivante. Les récipients cylindriques à pâte orangée, pourvus d'une croûte argileuse externe, parfois interne et fortement brûlés par endroits (forme 3) ont servi à amalgamer des fragments de verre recyclé à une température inférieure à 1000°C³⁰⁷. La masse de verre obtenue par fusion était ensuite taillée en morceaux destinés à être réchauffés au bout de la canne à souffler ou sur une tige en fer. La qualité du verre obtenu par recyclage était sans doute inférieure à celle des morceaux de verre brut limpide. Il est fort probable que le verre recyclé a été utilisé pour la fabrication d'anses dont la qualité souvent médiocre a été signalée³⁰⁸. Les creusets d'Avenches n'étaient donc pas destinés, comme ceux attestés dans des contextes plus tardifs, à fondre du verre à plus de 1000°C, température nécessaire pour l'obtention d'un verre liquide pouvant être cueilli directement avec la canne à souffler. En raison des températures relativement basses auxquelles ils étaient exposés, les creusets d'Avenches

ne comportent que peu de traces de verre fondu. Il est évident que seules des analyses effectuées sur un plus grand nombre de pièces permettraient de confirmer ou d'infirmer cette hypothèse.

Les récipients à pâte grise (formes 1-2) qui n'ont apparemment pas été réchauffés après leur cuisson initiale devaient donc remplir une autre fonction. La grande quantité de ces vases, ainsi que la présence d'une fine couche argileuse sur leur face interne témoignent d'un usage artisanal. La qualité des morceaux de verre obtenus par recyclage était sans doute médiocre, comme en témoignent les rebuts conservés. On peut imaginer, ainsi, que les verriers ajoutaient des oxydes colorants au verre en fusion afin d'obtenir la teinte désirée. Il est possible que la préparation de ces oxydes se faisait dans l'atelier même, comme c'est encore partiellement le cas dans un atelier du Caire au 20^e siècle. Dans leur publication consacrée à cet atelier, N. H. Henein et J.-F. Gout décrivent en détail la fabrication de ces oxydes³⁰⁹. A titre d'exemple, nous citerons la fabrication des oxydes de cuivre qui permettent d'obtenir une teinte bleue; des analyses ont montré, en effet, que les fragments bleus d'Avenches ont également été colorés avec des oxydes de cuivre³¹⁰. Aujourd'hui, pour obtenir ces oxydes, les verriers du Caire chauffent des fragments de cuivre à plusieurs reprises au rouge, puis les jettent dans une cuve remplie d'eau; les oxydes de cuivre, qui se sont déposés au fond du récipient, sont ensuite récupérés et mélangés à du sel fin de cuisine (1 mesure de sel pour 4 mesures d'oxydes); les verriers forment de petites boules (diam. env. 10 cm) avec ce mélange qu'ils déposent dans le four encore chaud du travail de la journée; ces boules y restent durant toute la nuit et sont retirées le lendemain; elles sont encore remises au four chaud pendant deux nuits; pour obtenir une poudre, elles sont pilées dans un mortier, puis tamisées. A chaque kilo de verre liquide (= 1,25 kg de verre brisé) sont ajoutés 75 g d'oxydes de cuivre³¹¹.

Les céramiques grises qui n'ont pas subi de réchauffement après leur fabrication ont peut-être servi de récipients remplis d'eau pour le refroidissement des métaux lors de la fabrication des oxydes colorants. L'application d'une fine couche argileuse sur la face interne des récipients devait éviter la pénétration des oxydes dans la céramique.

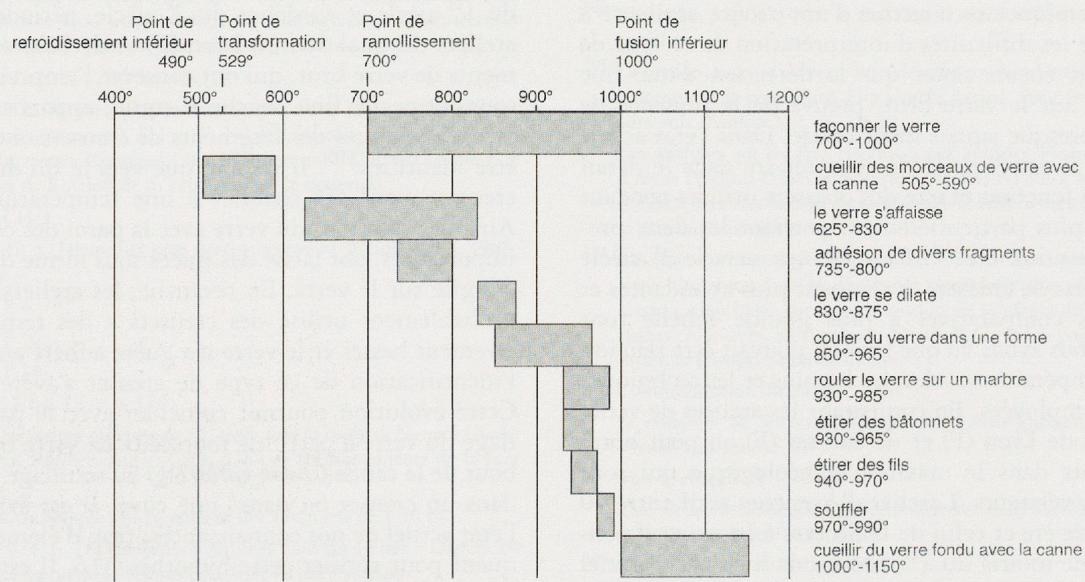


Fig. 85. Température nécessaire pour le façonnage du verre sodique antique (d'après Stern/Schlick-Nolte 1994).

	Forme 1	Forme 2	Forme 3
<i>Nombre de bords</i>	140	40	30
<i>Forme et dimension</i>	Terrine tronconique, bord rentrant, fond plat. Diam. bord. 21-36 cm avec une majorité de 21-32 cm. Diam. fond 7-10 cm.	Pot ovoïde à bord éversé arrondi ou de section triangulaire; fond plat. Diam. bord 10-20 cm avec une majorité de 10-13 cm. Diam. fond 5-8 cm.	Récipient cylindrique, profond, à marli horizontal lisse, légèrement incurvé. Diam. bord 21-23 cm; diam. fond 5-16 cm; profondeur env. 20 cm.
<i>Pâte</i>	Grise avec de nombreuses nuances allant du gris anthracite à l'orange vif, assez fine, contenant quelques inclusions gris foncé et blanches opaques pouvant atteindre env. 2-3 mm de diamètre, présence de fines paillettes de mica.		Orangée; souvent la partie inférieure ainsi que le fond sont gris foncé ou bleuâtre; la pâte est très dure et se fendille par endroits; elle contient un dégraissant assez grossier; de nombreux points blancs apparaissent en fracture; de rares inclusions opaques jaunâtres peuvent atteindre jusqu'à 5 mm de diamètre.
<i>Argile</i>	Argile non réfractaire		
<i>Surface, croûte argileuse</i>	Légèrement rugueuse au toucher. Une croûte d'argile recouvre l'intérieur du récipient peut-être aussi la surface externe (moins bien conservée). Ce revêtement, en général très mince, atteint parfois 2 mm d'épaisseur; sa couleur est jaune pâle ou orange brique avec parfois des nuances verdâtres; il est friable et s'écaille facilement; sur quelques fragments, de minuscules particules de verre sont visibles à la loupe.		Une croûte d'argile assez épaisse (env. 3-4 mm, rarement 6-7mm) recouvre uniquement la paroi externe; elle est dure, très friable et comporte de minuscules fragments de verre parfois visibles seulement à la loupe; sa couleur varie de l'orange brique au gris foncé. Elle se détache facilement raison pour laquelle elle n'est pas toujours conservée.
<i>Coulures, gouttes de verre</i>	Aucune trace		On observe souvent des gouttes ou des coulures de verre à l'extérieur, plus rarement à l'intérieur.
<i>Température de recuisson après la cuisson initiale</i>	Les récipients n'ont pas été réchauffés à température élevée après leur cuisson initiale.		Recuisson à 940°C.
<i>Interprétation</i>	Récipients utilisés peut-être lors de la fabrication d'oxydes colorants.		Creusets pour refondre des fragments recyclés à une température inférieure à 1000°C. La température relativement basse ne permettait pas de cueillir le verre fondu directement avec la canne à souffler. Les verriers formaient des morceaux avec le verre refondu qu'ils réchauffaient par la suite sur une tige en fer ou au bout de la canne à souffler.

Fig. 86. Caractéristiques et interprétation de l'ensemble des céramiques couvertes d'une croûte argileuse.

L'étude des céramiques recouvertes d'une croûte argileuse a mis en évidence les difficultés d'interprétation de ce type de matériel. Il faut encore noter que la détection d'une fine couche d'argile sur le verre brut, preuve de la présence de creusets, n'est presque jamais mentionnée. Dans l'état actuel des recherches, il est difficile de comprendre dans le détail l'évolution et la fonction exacte des creusets utilisés pendant l'Antiquité, et plus particulièrement pendant les deux premiers siècles de notre ère³¹². Ce n'est que vers le 3^e siècle que les trouvailles de creusets deviennent plus abondantes et que des études comparatives à plus grande échelle sont possibles³¹³. Nous avons vu que le verre pouvait être refondu à différentes températures, selon les besoins et les techniques de fabrication employées. En comparant les ateliers de verriers d'Avenches, de Lyon (F) et de Saintes (F) on peut noter des changements dans le matériel archéologique qui sont probablement révélateurs. L'atelier d'Avenches actif entre 40 et 60/70 de notre ère et celui de la Muette à Lyon, actif pendant la deuxième moitié du 1^{er} siècle, ont livré un matériel très semblable: verre coloré, type de rebuts, absence de couche d'argile sur les morceaux de verre brut³¹⁴. Vers la fin

du 1^{er} siècle et au début du 2^e siècle, période d'activité des ateliers du quai Serin à Lyon (F) et de Saintes (F), des fragments de verre brut, qui ont conservé l'empreinte de creusets sous forme de fine couche d'argile, apparaissent parmi les rebuts; à Saintes des fragments de creusets ont également pu être identifiés³¹⁵. Il semble que vers la fin du 1^{er} siècle, les creusets aient été chauffés à une température plus élevée. Ainsi les réactions du verre avec la paroi des céramiques plus importantes, ont laissé des traces sous forme de fines couches d'argile sur le verre. En revanche, les ateliers antérieurs ont probablement utilisé des creusets à des températures relativement basses et le verre n'a guère adhéré aux parois. Ainsi l'identification de ce type de creuset s'avère plus difficile. Cette évolution pourrait coïncider avec le passage du soufflage du verre à partir de morceaux de verre brut chauffés au bout de la canne (*chunk gathering*) au soufflage du verre fondu dans un creuset ou dans une cuve. Il est évident que dans l'état actuel de nos connaissances, trop d'éléments nous manquent pour vérifier cette hypothèse³¹⁶. Il est intéressant de noter que les fouilles de l'atelier de Lyon³¹⁷, qui est contemporain de celui d'Avenches, ont livré des briques totalement

rubéfiées et recouvertes d'une couche de verre épaisse de 1 à 2 cm. Il s'agit probablement des restes d'une cuve intégrée dans le four, dans laquelle on a fondu le verre; ceci expliquerait l'absence de creusets parmi le matériel récolté. A Avenches, nous n'avons cependant trouvé aucune trace d'une telle cuve.

2. 5. Les moules et le marbre

Les moules

Aucun moule n'a pu être repéré parmi le matériel du dépotoir et de l'atelier. Leur utilisation est pourtant attestée de façon indirecte par la présence de flacons en forme de pomme de pin ou de grappes de raisin identifiés comme des productions locales (pl. 18/64)³¹⁸. Sur certains fragments, la marque laissée par le joint du moule est encore visible. Il s'agissait très probablement de formes bipartites. Pour l'époque romaine, nous connaissons essentiellement des moules qui ont servi à la fabrication de bouteilles angulaires, attestés en terre cuite ou en pierre (pierre calcaire, grès, marbre), souvent récupérée de fragments d'architecture³¹⁹. Un moule en terre cuite, qui aurait servi à la production de gobelets à scènes de cirque, a été découvert à Marina, en Corse³²⁰. L'authenticité d'un autre moule, en terre cuite également, sous forme de grappe de raisin n'est pas assurée³²¹.

Le marbre

Le marbre est une plaque, en général en pierre, qui permettait aux verriers de régulariser la paraison attachée au bout de la canne à souffler. Le dépotoir a livré un fragment d'une plaque de marbre bien polie, portant des traces de feux (pl. 19/69). Brisée sur trois côtés, elle ne permet pas de connaître ses dimensions d'origine; son épaisseur atteint 1.9 cm. Une interprétation comme marbre est probable, mais ne saurait être assurée³²².

²⁶⁴ Voir annexe 1: IL 1.

²⁶⁵ A Avenches les tubes ne comportent ni de nervures longitudinales, ni de bulles correspondant à un premier stade de soufflage. Leur interprétation comme cannes à souffler peut être exclue de façon certaine.

²⁶⁶ Voir le chapitre 1. 2. 1., p. 26/fig. 18-19.

²⁶⁷ Voir annexe 1: F 6 (Saintes, je tiens à remercier Anne Hochuli-Gysel pour ses précieux renseignements), F 1 et F 2 (Lyon, matériel vu par l'auteur), F 10 (Aix-en-Provence), Kempten (matériel non publié, vu par l'auteur; je tiens à remercier A. Rottlöff de m'avoir montré le matériel).

²⁶⁸ Voir annexe 1: CH 2.

²⁶⁹ Voir annexe 1: IL 3 (Jalame) et plus particulièrement Weinberg éd. 1988, p. 283, fig. 9-6.

²⁷⁰ Voir annexe 1: E 4.

²⁷¹ Voir annexe 1: F 10.

²⁷² Voir annexe 1: F 14.

²⁷³ Foy 1988, p. 157/fig. 18 et p. 170.

²⁷⁴ Walter Lang, *Une verrerie forestière du 15^e siècle dans la vallée de Nassach (Bade-Wurtemberg)*, dans Foy/Sennequier (éd.), p. 84 et renseignements de la part de W. Lang.

²⁷⁵ Les cannes de notre époque ont en général une longueur de 1.50 m.

²⁷⁶ Henein/Gout 1974, p. 16. Les cannes utilisées dans un atelier à Damas, en Syrie, présentent les mêmes mesures (matériel vu par l'auteur).

²⁷⁷ Une des lampes a été découverte dans la nécropole d'Asseria en Dalmatie: Abramic 1959. La deuxième lampe provient de Prati di Montesirolo en Ita-

lie: Baldoni 1987. Des descriptions détaillées accompagnées d'illustrations sont publiées dans Foy/Sennequier (éd.) 1989, p. 109-110.

²⁷⁸ Stern 1995, p. 22. Il nous semble que l'identification comme souffleur de verre ne peut pas être attestée de façon certaine.

²⁷⁹ Voir le chapitre 3. 1., p. 89/fig. 89.

²⁸⁰ Stern 1994, p. 82-85.

²⁸¹ Il faut noter que des tubes en fer sont déjà employés par des artisans bien avant l'invention du soufflage de verre. Un riche dépôt composé d'outils d'orfèvres a été découvert en 1977 dans la ville antique de Daors (ex-Yougoslavie). Le dépôt peut être daté vers 280 av. J.-C. Il contenait, entre autres, un tube en fer employé lors de travaux de soudure. Voir Andres Furger, Felix Müller (éd.), *Gold der Helvetier. Keltische Kostbarkeiten aus der Schweiz*. Catalogue d'exposition, Zurich, 1991, p. 148.

²⁸² Stern 1995, p. 26.

²⁸³ Voir le chapitre 1. 2. 3.

²⁸⁴ Aucune marque n'a pu être identifiée sur les milliers de fragments de verre de l'atelier et du dépotoir.

²⁸⁵ Stern 1995, p. 26 («pontil mark»).

²⁸⁶ Henein/Gout 1974, p. 17-28 et observations faites par l'auteur.

²⁸⁷ En Ukraine un atelier daté du 3^e ou 4^e siècle a livré des tiges en fer qui proviennent peut-être de pontils (Stern 1995, p. 24, fig. 8/A).

²⁸⁸ Stern 1999, p. 450.

²⁸⁹ Avenches: Bonnet Borel 1997, p. 10. Augst/Kaiseraugst: Rütti 1991/1, p. 64.

²⁹⁰ Il faudrait également prendre en considération les récipients à bord épaisse et arrondi, qui témoignent de l'utilisation du pontil lors du façonnage du bord (renseignement de Jennifer Price). Voir par exemple pl. 9/163.

²⁹¹ Comme nous l'avons déjà remarqué, il est dans la plupart des cas impossible de distinguer, parmi les flacons à corps sphérique, bulbeux ou ovoïde, les fragments de fond des fragments de panse. Ainsi le nombre exact de fonds de flacons conservés ne peut pas être évalué de façon précise. Aucun fond dont le pied a été formé par un étranglement, ne comporte de marque de pontil (pl. 5/93-103).

²⁹² Voir le chapitre 1. 2. 2.

²⁹³ Voir le chapitre 1. 2. 2.

²⁹⁴ Voir chapitre 1. 2. 4.

²⁹⁵ Voir annexe 1: UA 2. Parmi les trouvailles de Mérida en Espagne des fragments de fer sont signalés. Leur état fragmentaire ne permet pas une identification précise. Ils proviennent soit de pinces soit de ciseaux (annexe 1: E 4).

²⁹⁶ Foy 1988, p. 170.

²⁹⁷ Henein/Gout 1974, p. 13-14 et p. 16 et observations faites par l'auteur.

²⁹⁸ Voir le chapitre 1. 2. 5., fig. 35/5 et pl. 13/30.

²⁹⁹ La céramique a été étudiée par Marie-France Meylan Krause (voir Morel/Amrein *et alii* 1991, p. 14-15), que je remercie vivement de m'avoir autorisée à citer son étude, notamment en ce qui concerne l'identification et la description des différentes formes attestées.

³⁰⁰ Foy 1988, p. p. 171-190 et Foy/Féraud *et alii* 1990 avec bibliographie plus ancienne.

³⁰¹ La grande quantité de verre brut découverte dans l'atelier d'Avenches exclut à notre avis la possibilité d'un simple hasard. Pour les trouvailles d'autres sites voir chapitre 1. 1., p. 19-20.

³⁰² Ces analyses ont pu être effectuées par Maurice Picon, grâce à l'initiative d'Anne Hochuli-Gysel et avec l'aide de Marie-France Meylan Krause que je remercie très chaleureusement. J'aimerais aussi remercier Maurice Picon de sa grande disponibilité.

³⁰³ Résultats communiqués par une lettre du 19 septembre 1997. Des discussions ultérieures avec M. Picon ont clarifié certains points des analyses. La classification basée sur la composition de la pâte a été faite sur 17 constituants chimiques, en éliminant Na₂O, P₂O₅ et La, pour des raisons de pollution et d'imprécision de mesures.

³⁰⁴ Communication du 24. 11. 1998.

³⁰⁵ Je remercie M. Picon de ces précieux renseignements. Pour l'atelier de Vienne voir annexe 1/F 9.

³⁰⁶ Voir le chapitre 1. 2. 6., p. 39.

³⁰⁷ Une situation analogue a pu être observée dans l'atelier de Jalame (annexe 1/IL 3). Voir Stern 1992, p. 491.

³⁰⁸ Voir le chapitre 1. 4. 1., p. 67.

³⁰⁹ Henein/Gout 1974, p. 19-23.

³¹⁰ Voir le chapitre 1. 1., p. 18.

³¹¹ Si l'on veut obtenir un verre plus foncé, on ajoute davantage d'oxydes de cuivre. Pour obtenir du verre vert, les verriers du Caire utilisent les mêmes oxydes de cuivre mélangés à des oxydes de fer fabriqués par le même procédé. La teinte verte des fragments de l'atelier d'Avenches provient en revanche d'oxydes de cuivre et de zinc. Il est possible que les verriers antiques aient fabriqué ces oxydes à partir de morceaux de bronze récupérés et traités de la même façon que le cuivre. Les fragments jaunes de l'atelier d'Avenches sont caractérisés par des faibles taux de fer, de cuivre et de manganèse. Nous ne savons pas exactement par quel procédé cette teinte a pu être obtenue. Dans l'atelier du Caire le verre jaune est fabriqué par adjonction d'oxydes de fer. Pour obtenir un verre de teinte lie de vin, des oxydes de manganèse peuvent être fabriqués en grillant des morceaux de manganèse brut et en les refroidissant dans de l'eau.

³¹² Dans son étude sur les creusets de l'Antiquité tardive et du haut Moyen Age, D. Foy écrit encore en 1990: «La seconde observation qui peut être faite sur les creusets de verriers, tient à la datation. On ne connaît pas, jusqu'à maintenant, de creusets antérieurs à la fin du 3^e siècle ou au 4^e siècle, que ce soit en France, Angleterre, Luxembourg ou Germanie.» Foy/Féraud *et alii* 1990, p. 213.

³¹³ Voir par exemple l'atelier de Kaiseraugst daté entre la fin du 2^e siècle et le début du 3^e siècle (annexe 1/CH 4) ou celui de Froidos actif dès le 3^e siècle (annexe 1/F 32).

³¹⁴ Voir annexe 1: F 1. Parmi le matériel que j'ai pu examiner, il n'y avait aucun fragment de creusets (céramique brûlée, coulures et gouttes de verre). Je n'ai, en revanche, pas pu voir le reste de la céramique qui avait été écarté parce qu'il n'intervenait pas, selon les chercheurs, dans le processus de fabri-

cation de récipients en verre. Il s'y trouve peut-être des pièces comme celles d'Avenches caractérisées par un fin revêtement interne.

³¹⁵ Voir annexe 1: F 3 (Lyon) et F 6 (Saintes). Le matériel de Lyon a été vu par l'auteur; parmi le matériel jugé appartenir à l'atelier ne se trouvait aucun fragment de creuset. Je n'ai en revanche, pas examiné l'ensemble des trouvailles de céramiques où se trouvent peut-être des creusets.

³¹⁶ Voir également p. 95.

³¹⁷ Voir annexe 1: F 1.

³¹⁸ Voir chapitre 1. 4. 2, p. 64-65.

³¹⁹ Voir annexe 1: par exemple D 3-4, F 4, F 19, H 1, CH 1, CH 6, CH 8.

³²⁰ Sennequier/Hochuli-Gysel *et alii* 1998, p. 147.

³²¹ Chambon, *L'Histoire de la verrerie en Belgique du 2^e siècle jusqu'à nos jours*, Bruxelles 1955, p. 31 et page de garde. Une photo du moule se trouve également dans Sternini 1995, p. 90/fig. 125.

³²² Le dépotoir de Saintes (F) a livré des planches en bois (merisier) qui ont probablement servi de marbre. Voir annexe 1/F 6. Renseignement de A. Hochuli-Gysel. Les planches ont été interprétées dans un premier temps comme des moules pour la fabrication de bouteilles à section carrée. Les fours de verriers représentés sur deux lampes en terre cuite de l'époque romaine (chapitre 3. 1., fig. 89) comportent à la hauteur des ouvertures de travail une surface de travail en forme de plaque horizontale, peut-être en terre cuite et intégrée, semble-t-il, à la construction. Le marbre est donc une surface de travail comprise dans la structure du four ou une plaque mobile qui pouvait être posée sur une surface fixe. Notre exemplaire appartient sans doute à la deuxième variante.