L'utilisation du plomb dans l'hydraulique d'Aventicum

Autor(en): **Duvauchelle, Anika**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de l'Association Pro Aventico**

Band (Jahr): **50 (2008)**

PDF erstellt am: **26.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-246345

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

L'utilisation du plomb dans l'hydraulique d'*Aventicum*

Anika Duvauchelle

Résumé

Suite à l'inventaire de l'ensemble du mobilier en plomb mis au jour lors des investigations archéologiques menées à Avenches, nous avons isolé une cinquantaine de pièces liées à l'hydraulique, soit une majorité de tuyaux, mais également quelques cuves ou réservoirs, une grille et plusieurs objets de fonction indéterminée.

Ce *corpus* est certes relativement maigre. Il permet néanmoins d'appréhender quelques particularités régionales, tel que le mode de soudure ou l'adoption probable des normes standardisées de Vitruve pour les tuyaux. Il comprend également quelques pièces exceptionnelles, tel un réservoir doté d'un siège de clapet en bronze ou une plaque fragmentaire d'un bassin décoré. Moins spectaculaire, la découverte d'un déchet lié à la fabrication d'un tuyau coudé permet néanmoins de proposer la localisation d'un nouvel atelier de plombier.

Les publications consacrées au plomb n'étant pas nombreuses, nous avons opté pour un catalogue exhaustif, dans lequel chaque pièce conservée est illustrée au moyen de photos ou de dessins.

Rencontrer les fontainiers de Versailles, qui sont parmi les derniers plombiers européens à travailler de manière traditionnelle, nous a également permis de mieux appréhender certaines techniques et marques laissées par des outils.

Zusammenfassung

Aus dem Inventar der bei den in Avenches bei Grabungen gefundenen Bleiobjekte haben wir die rund 50 aus den Wasserleitungen stammenden Funde zu einem Corpus zusammengefasst. Dies sind hauptsächlich Rohre, einige Wannen oder Wasserauffangbehälter, ein Filter sowie zahlreiche weitere Objekte unbestimmter Funktion.

Hinsichtlich seines zahlenmässigen Umfangs mag dieses Corpus zwar dürftig erscheinen, interessant sind jedoch die Untersuchungsergebnisse, die auf regionale Besonderheiten in der Art des Verlötens der Blechteile und auf eine mögliche Normierung der Rohre nach Vitruv schliessen lassen. Zu den Objekten zählen auch einige aussergewöhnliche Stücke wie z.B. ein Wasserbehälter mit einem Ventilsitz aus Bronze und ein Blechstück eines verzierten Wasserbeckens. Der relativ unscheinbare Fund eines Werkabfalls von der Herstellung eines Knierohres legt die Annahme einer weiteren Werkstatt von Bronzehandwerkern nahe.

Da nur wenige Publikationen zu Bleiobjekten vorliegen, entschieden wir uns für einen ausführlichen Katalog, in dem jedes Objekt sowohl fotographisch als auch zeichnerisch wiedergegeben ist.

Der Austausch mit den Brunnenbauern von Versailles, die zu den wenigen noch in traditioneller Weise arbeitenden Installateuren in Europa gehören, erwies sich als sehr fruchtbar für ein besseres Verständnis der verwendeten Techniken sowie der erhaltenen Werkzeugspuren.

Übersetzung: Silvia Hirsch

Mots-clés

Aventicum/Avenches
plomb
tuyau
hydraulique

Stichwörter

Aventicum/Avenches
Blei
Bleirohre
Wasserversorgung

Introduction

Cette étude fait suite à l'inventaire de tout le petit mobilier en plomb mis au jour sur la superficie de la ville antique d'*Aventicum* et de ses faubourgs[1]. Cet inventaire a été réalisé à l'aide de quatre sources. La première est le catalogue Troyon, soit le livre d'inventaire du Musée romain, commencé par le susnommé en 1824, puis régulièrement enrichi jusqu'au milieu du XXe s. La deuxième est constituée des publications, en particulier les articles consacrés aux investigations archéologiques réalisées dans l'année. Ces deux sources ont permis d'identifier la provenance de certaines pièces d'une part, de retrouver la trace de quelques trente-cinq pièces aujourd'hui introuvables d'autre part. La troisième source, de loin la plus importante, est formée par l'ensemble des objets en plomb déposés dans les collections du musée. Pour plus de quatre-vingt-dix d'entre eux (soit plus que les pièces manquantes selon le livre d'inventaire), nous ne disposions d'aucune information (numéro, provenance, contexte de découverte, etc.) et nous n'avons pas pu faire le rapprochement avec les indications données par le catalogue Troyon[2]. La dernière source, concerne d'autres musées archéologiques suisses possédant des objets découverts dans les ruines de l'antique *Aventicum*, en l'occurrence deux pièces, l'une déposée au *Bernisches Historisches Museum* (n° 32) et l'autre au Service archéologique de l'État de Fribourg (n° 38).

Cependant, malgré le croisement de ces différentes sources, il est certain que tout le plomb découvert à Avenches n'est pas intégré à notre inventaire. On sait en effet que le plomb est un métal aisément recyclable et qu'il a de tout temps suscité une certaine convoitise. Ainsi, A. Cochet relate que *«certains sites ont vu d'importantes quantités de plomb disparaître avant que les fouilleurs n'aient pu achever l'étude des installations découvertes»*[3]. Dans un autre ouvrage, il souligne que *«même des objets dûment enregistrés dans les inventaires des musées sont introuvables quelques années plus tard»*[4]. Or, nous savons que la recherche des vestiges archéologiques d'*Aventicum* a subi de multiples vicissitudes. Ainsi, les investigations menées *Derrière la Tour* dès le début du XVIIIe s. ont permis de dégager des conduites en plomb permettant probablement d'amener ou d'évacuer l'eau du bassin octogonal installé dans la salle à la mosaïque de Bacchus et Ariane. Encore visibles à la fin de ce siècle, elles n'ont plus été repérées lors des fouilles de 2004 et ne semblent pas être déposées dans les collections du Musée (n° 33)[5]. Quelques années plus tard, au XIXe ou au début du XXe s., la possession d'un terrain, même en «zone archéologique», autorisait son propriétaire à en extraire toutes les ressources et à les vendre au plus offrant. Pour la plupart, les blocs architecturaux en calcaire partaient dans les fours à chaux, tandis que les objets manufacturés considérés comme des témoins de plus grande valeur étaient vendus à différents musées, à des marchands ou des particuliers[6]. Dans ces conditions, et même si aucun texte d'époque ne nous confirme le fait, il est des plus vraisemblable que des objets en plomb ont purement et simplement été vendus au prix du métal en vue d'un recyclage[7]. Par contre, nous ne pensons pas que des pièces officiellement entrées au musée aient été volées. En effet, seules trente-six pièces disparues, dont sept concernent la présente étude, sont intégrées à notre inventaire. Ce chiffre correspond, malheureusement, à un pourcentage habituel de pièces disparues ou auxquelles un nouveau numéro d'inventaire a été attribué suite à la perte de celui d'origine.

On remarquera encore que les récupérateurs antiques ont dû beaucoup travailler. En effet, les fouilles modernes, lors desquelles tout le mobilier archéologique a été prélevé et intégré aux

1 Cette étude a pu être réalisée grâce à l'appui financier de la Loterie Romande que nous remercions. Notre gratitude va également aux collaborateurs de Site et Musée romain d'Avenches, en particulier à Hugo Amoroso, Madeleine Aubert, Pierre Blanc, Virginie Brodard, Sandrine Bosse Buchanan, Daniel Castella, Jean-Paul Dal Bianco, Vreni Fischbacher, Myriam Krieg, Catherine Meystre Mombellet, Andreas Schneider et Alain Wagner, qui ont toujours été disponibles pour répondre à nos nombreuses questions, ainsi qu'à sa directrice, Anne de Pury-Gysel, qui nous a confié cette étude. Toute notre reconnaissance va encore aux employés du Service des Fontaines de Versailles, Marly et Saint-Cloud, Guillaume Acarregui, Jean-Pierre Bianchin, Jean Cancellier, Frédéric Dia, Christophe Di Vito, Olivier Grain, Jean-Luc Renard et Adrien Renault, ainsi qu'à leur chef Gilles Bultez. La rencontre de ces véritables artisans d'art qui sont parmi les derniers à mettre en œuvre du plomb dans nos régions, nous a été très bénéfique. Bien sûr, nous n'oublions pas les collègues ou amateurs qui nous ont consacré quelques heures de leur temps forcément précieux, José Bernal, André Cochet, Matthieu Demierre, Barbara Guénette-Beck, George Twigg, Christophe Loiseau et Pierre-Yves Jost. Finalement, nous tenons à remercier Cécile Matthey qui a réalisé les dessins de cet article et Alex R. Furger qui a accepté de le relire et de nous faire part de ses remarques.

2 Dès lors, nous leur avons attribué un nouveau numéro d'inventaire, aisément reconnaissable grâce au X/ qui le précède. Quelques 92 pièces, dont 16 concernent le domaine de l'hydraulique, répondent à ce critère.

3 Cochet 2000, p. 131.

4 Cochet/Hansen 1986, p. 12.

5 Morel *et al.*, à paraître.

6 Voir le tuyau n° 32, mis au jour à Avenches et probablement vendu au *Bernisches Historisches Museum*. *Cf.* également Meylan Krause 2004, p. 86.

7 P.-Y. Jost, agriculteur à Avenches, nous a raconté que son grand-père refondait des objets en plomb recueillis dans les champs pour couler de nouveaux objets, des petits soldats et des cales pour étau par exemple.

Dimensions standardisées des tuyaux en plomb d'époque romaine d'après Vitruve (vers 20 av. J.-C.)							
Désignation (largeur)	Diamètre intérieur		Périmètre intérieur		Surface de la section		
	(digiti)	*(cm)*	*(digiti)*	*(cm)*	*(digiti)*	*(cm²)*	*(quinariae)*
5 *quinaria*	1,59	2,94	5	9,25	1,99	6,81	1,62
8 *octonaria*	2,55	4,71	8	14,80	5,09	17,43	4,15
10 *denaria*	3,18	5,89	10	18,50	7,96	27,24	6,48
15 *quinum denum*	4,78	8,83	15	27,75	17,91	61,28	14,59
20 *vicenaria*	6,37	11,78	20	37,00	31,83	108,93	25,94
30 *tricenaria*	9,55	17,67	30	55,50	71,62	245,11	58,35
40 *quadragenaria*	12,73	23,55	40	74,00	127,32	435,75	103,75
50 *quinquagenaria*	15,92	29,44	50	92,50	198,94	680,86	162,11
80 *octogenaria*	25,47	47,11	80	148,00	509,30	1743,08	415,02
100 *centenaria*	31,83	58,89	100	185,00	795,78	2723,45	648,44

Dimensions standardisées des tuyaux en plomb d'époque romaine d'après Frontin (vers 100 ap. J.-C.)							
Désignation (largeur)	Diamètre intérieur		Périmètre intérieur		Surface de la section		
	(digiti)	*(cm)*	*(digiti)*	*(cm)*	*(digiti)*	*(cm²)*	*(quinariae)*
5 *quinaria*	5/4	2,31	3,93	7,27	1,23	4,20	1,00
6 *senaria*	6/4	2,78	4,72	8,72	1,77	6,05	1,44
7 *septenaria*	7/4	3,24	5,50	10,18	2,41	8,22	1,96
8 *octonaria*	8/4	3,70	6,29	11,63	3,14	10,75	2,56
10 *denaria*	10/4	4,63	7,86	14,54	4,71	16,80	4,00
12 *duodenaria*	12/4	5,55	9,43	17,44	7,07	24,19	5,76
15 *quinum denum*	15/4	6,94	11,79	21,80	11,04	37,80	9,00
20 *vicenaria*	20/4	9,25	15,72	29,07	19,63	67,20	16,00
20 *vicenaria*	5,05	9,34	15,85	29,32	20	68,45	16,26
25 *vicenum quinum*	5,64	10,44	17,73	32,80	25	85,56	20,37
30 *tricenaria*	6,18	11,44	19,42	35,92	30	102,62	24,43
35 *tricenum quinum*	6,67	12,35	20,98	38,81	35	119,74	28,51
40 *quadragenaria*	7,14	13,20	22,42	41,47	40	136,85	32,58
45 *quadragenum quinum*	7,57	14,00	23,79	44,00	45	153,94	36,65
50 *quinquagenaria*	7,99	14,76	25,07	46,39	50	171,05	40,73
55 *quinquagenum quinum*	8,37	15,48	26,29	48,64	55	188,16	44,80
60 *sexagenaria*	8,74	16,17	27,46	50,80	60	205,26	48,87
65 *sexagenum quinum*	9,09	16,82	28,58	52,88	65	222,37	52,94
70 *septuagenaria*	9,44	17,46	29,67	54,88	70	239,47	57,02
75 *septuagenum quinum*	9,77	18,08	30,71	56,81	75	256,58	61,09
80 *octogenaria*	10,09	18,67	31,71	58,65	80	273,70	65,17
85 *octogenum quinum*	10,40	19,24	32,69	60,47	85	290,79	69,24
90 *nonagenaria*	10,70	19,80	33,64	62,23	90	307,90	73,31
95 *nonagenum quinum*	11,00	20,34	34,56	63,93	95	325,01	77,38
100 *centenaria*	11,28	20,87	35,46	65,60	100	342,10	81,45
120 *centenum vicenum*	12,36	22,86	38,83	71,84	120	410,55	97,75

Fig. 1

Dimensions standardisées des tuyaux en plomb d'époque romaine d'après Vitruve et Frontin. Les colonnes en grisé indiquent la référence métrique antique. Tiré de Fahlbusch 1982, Tab. 3-4.

collections du Musée, soit dès les années 60 à Avenches, n'ont pas livré beaucoup d'objets manufacturés en plomb[8].

À l'époque romaine, le plomb était un métal utilisé pour la fabrication de nombreux objets, allant des scellements aux sarcophages, en passant par les seaux des marchandises, les tessères, les poids, qu'ils soient de filets, de métier à tisser ou de balance, ou encore les ancres pour ne citer que quelques exemples. Les particularités du plomb en ont fait le métal idéal pour tout ce qui concerne l'hydraulique. Il résiste en effet particulièrement bien à la corrosion, se couvrant d'une fine couche blanche formant un film protecteur très résistant[9].

8 Dans le domaine de l'hydraulique, seuls dix-neuf fragments ont été mis au jour ces cinquante dernières années. En réalité, les fouilles modernes ont surtout permis d'augmenter de manière exponentielle les coulures ou les fragments indéterminés.

9 Dans l'Antiquité, seules des eaux extrêmement douces, ou au contraire chargées de nitrates ou d'acides organiques, corrodaient le plomb. Mais dans la réalité, l'eau est habituellement légèrement calcaire et n'attaque aucunement le plomb. De ce fait, un réseau hydraulique en plomb ne peut être considéré comme source potentielle de saturnisme. *Cf.* Cochet 2000, p. 3-4.

Sa malléabilité et sa résistance ont permis la création de toutes sortes d'objets, qui plus est adaptables aux circonstances locales: des tuyaux, des dérivations, des siphons, des cuves, des réservoirs, des chaudières, etc.

À Avenches, la collection des objets en plomb liés au domaine de l'hydraulique, comprend essentiellement des tuyaux, quelques cuves, grilles, plaques d'étanchéité ou autres fragments difficilement interprétables.

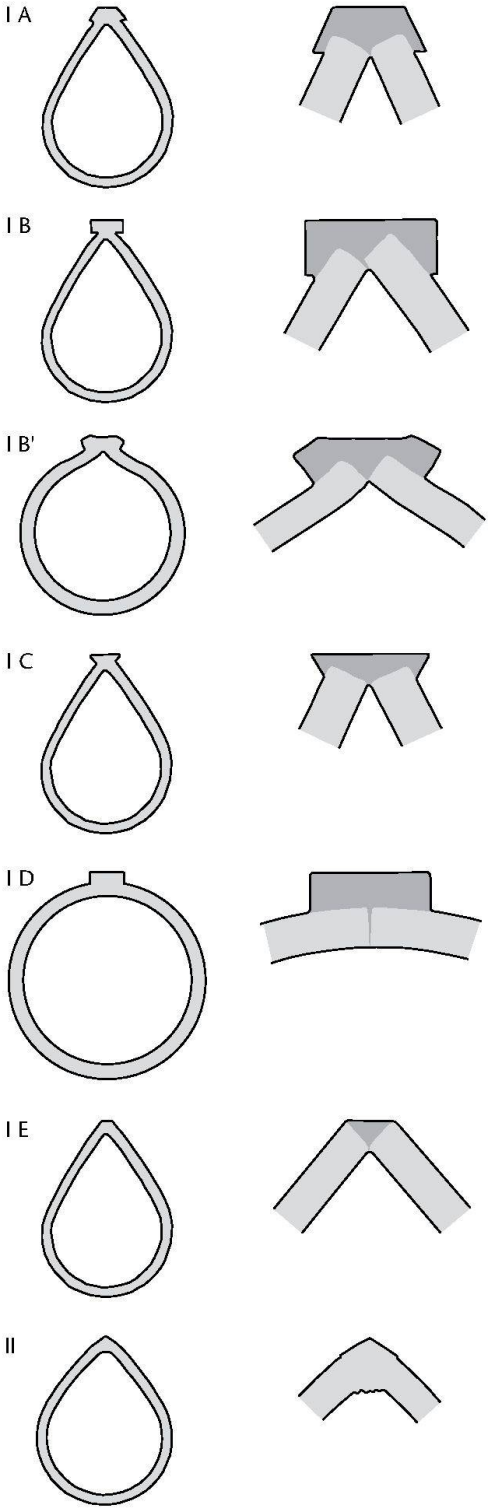


Fig. 2

Typologie des tuyaux d'époque romaine. D'après Cochet 2000, fig. 56a et 66.

Les objets en plomb et l'hydraulique

Les tuyaux

À l'époque romaine, les conduites hydrauliques pouvaient être en pierre, en terre cuite, en bois ou en plomb. Selon les circonstances, l'une ou l'autre solution était choisie. Les tuyaux en plomb, également appelés fistules selon leur nom latin *fistula*, étaient les plus onéreux. Cependant, ils offraient l'avantage d'une meilleure étanchéité et d'une plus grande résistance. En outre, ce matériau autorisait des adaptations relativement aisées et rapides en toutes circonstances. Dès lors, le plomb a été largement privilégié pour la distribution de l'eau en milieu urbain, comme on a pu l'observer à Pompéi, la ville antique qui a livré le réseau hydraulique le mieux conservé[10]. Certes, ce modèle précoce et purement méditerranéen ne peut être transposé tel quel en Gaule. Les raisons de ce choix n'en demeurent pas moins vraies pour toute ville antique.

Les textes antiques nous apprennent que les tuyaux en plomb étaient alors calibrés. Selon Vitruve (*De architectura* VIII, VII, 4), la base de cette standardisation était la largeur de la feuille de plomb, avant sa mise en forme. Les dimensions qu'il nous donne diffèrent malheureusement de celles fournies par Frontin (*De aquaeductu urbis Romae* 25-63) qui écrit certes quelques 80 ans plus tard (fig. 1)[11]. De plus ces dimensions standardisées, que ce soit celles de Vitruve ou de Frontin, ne semblent que peu ou prou coïncider avec l'ensemble des tuyaux en Gaule romaine[12].

La ville d'*Aventicum* n'a livré que trente-cinq fragments de conduites en plomb (*cf.* fig. 93)[13]. Contrairement à ce qu'on peut trouver dans d'autres sites romains, dont les villes françaises de Vienne et de Lyon constituent les exemples les plus connus[14], tous ces tuyaux sont anépigraphes.

Typologie des tuyaux

La typologie des tuyaux en plomb actuellement en vigueur a été établie par A. Cochet[15]. Elle n'est pas basée sur des dimensions plus ou moins standardisées, mais sur la soudure longitudinale exécutée pour refermer ces tubes. C'est ainsi que,

10 Marchis/Scalva 2001.

11 Fahlbusch 1982.

12 Cochet/Hansen 1986, p. 60.

13 Parmi ceux-ci nous comptons le raccord de conduite n° 35 qui comprend l'extrémité d'un tuyau de plomb.

14 Cochet/Hansen 1986; Cochet 2000.

15 Cette typologie a été préalablement établie par A. Vassy en 1934, mais elle a été reprise, complétée et affinée par A. Cochet (Cochet 2000, p. 59).

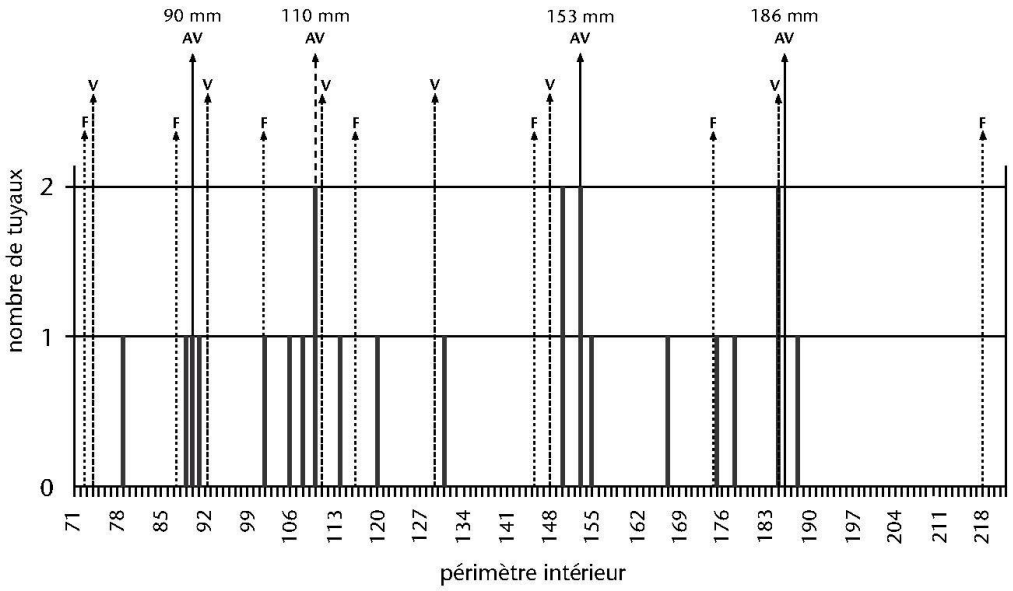


Fig. 3
Aventicum. *Diagramme des périmètres intérieurs des tuyaux. Les normes de Vitruve et de Frontin sont indiquées respectivement par les axes verticaux V et F.*

selon ce chercheur, il convient de distinguer deux types de soudures, l'un avec métal d'apport et l'autre, autogène et sans métal d'apport (respectivement les types I et II) (fig. 2).

À l'exception de la variante I E, le type I se reconnaît aisément à son cordon de soudure plus ou moins proéminent. La soudure autogène des tuyaux de type II autorise, à l'inverse, une section piriforme quasi parfaite. Chacune de ces soudures offre des avantages et des inconvénients. Ainsi, les soudures avec un cordon de section rectangulaire (types I B, I B' et I D) sont les plus solides, mais elles nécessitent également le plus de métal, tandis que les soudures avec métal d'apport minimal (type I E) semblent les plus fragiles.

À Avenches, le type est déterminable pour vingt-six des trente-cinq tuyaux. Avec dix-huit exemplaires, le type II est le mieux représenté. Les huit exemplaires du type I se répartissent entre les variantes I A (six tuyaux) et I E (deux tuyaux).

Avec près de 70% de représentativité, la prédominance du type II à Avenches est manifeste quoiqu'un peu surprenante. À Vienne, où il est pourtant particulièrement abondant, il ne se retrouve que sur un tiers ou un quart des fragments de tuyaux[16]. En l'état actuel des connaissances, nous ne pouvons cependant en tirer aucune conclusion. En effet, notre catalogue n'est d'une part pas suffisamment étoffé et d'autre part nous manquons d'études globales permettant des comparaisons avec d'autres sites ou zones géographiques.

Le périmètre intérieur peut être mesuré ou estimé sur vingt-trois des trente-cinq fistules d'Avenches. Celui-ci oscillant entre 80 et 190 mm, tous ces tuyaux sont considérés comme des petits modules. Ils sont donc plutôt destinés à des conduites secondaires, telles des arrivées à des fontaines ou dans des maisons privées[17].

Sur le diagramme regroupant toutes les mesures des périmètres intérieurs, nous remarquons quatre petites zones quelque peu plus étoffées: une première autour de 90 mm, une deuxième autour de 110 mm, une troisième autour de 153 mm et la dernière autour de 186 mm (fig. 3). Ces regroupements ne coïncident pas avec les dimensions standardisées données par Frontin, à l'exception toutefois du premier. En effet, les trois tuyaux concernés peuvent raisonnablement être assimilés au *senaria*, dont le périmètre intérieur mesurait officiellement 87,2 mm[18]. Si à l'inverse, nous regardons quels tuyaux avenchois s'inscrivent dans les normes de Frontin[19], nous isolons de suite la pièce n° 17 dont le périmètre intérieur semble coïncider parfaitement avec le *septenaria*. En acceptant ensuite une marge de ± 5 mm[20], seule une dizaine des vingt-trois pièces mesurées semblent pouvoir s'inscrire dans les dimensions normatives de Frontin.

Cependant, la corrélation avec les dimensions standardisées données par Vitruve est plus frappante. En effet, elles concordent avec les quatre regroupements observés sur le diagramme des

16 Cochet 2000, p. 47 et 65; Cochet/Hansen 1986, p. 59.

17 En effet, les tuyaux partant des châteaux d'eau ont habituellement un périmètre beaucoup plus important.

18 Les tuyaux dont le périmètre oscille autour de 110 mm se situent entre le *septenaria* (101,8 mm) et l'*octonaria* (116,3 mm). La différence entre les deux étant seulement de 14,5 mm, on peut se demander si cela n'engendrait pas, déjà à l'époque, un certain flou artistique.

19 Pour ces comparaisons, nous avons tenu compte des périmètres resserrés.

20 Marge aisément explicable par le travail même du plombier (avec une plaque de plomb de largeur donnée on obtient certainement des tuyaux d'un périmètre légèrement variable selon la soudure réalisée) ou par une certaine difficulté à mesurer les périmètres intérieurs sur les tuyaux conservés.

périmètres intérieurs des tuyaux d'Avenches. Ainsi, celui formé autour des 90 mm peut être assimilé au *quinaria* (92,5 mm), celui de 110 mm coïnciderait avec le *senaria* (111 mm)[21], celui de 153 mm est raisonnablement proche de l'*octonaria* (148 mm), tandis que celui de 186 mm correspond au *denaria* (185 mm). De plus, en appliquant la même marge de 5 mm, ce ne sont pas moins de dix-sept des vingt-trois tuyaux mesurés qui s'inscrivent dans les normes transcrites par Vitruve.

Les assemblages

Les conduites mises au jour sur le site d'*Aventicum* nous permettent d'observer cinq assemblages, bout à bout, d'éléments de canalisation. Pour cette opération, A. Cochet a répertorié six types d'assemblages, qu'il différencie selon la forme de l'extrémité des tuyaux et le procédé d'assemblage proprement dit. Le type apparemment le plus courant est une soudure à l'étain (en fait un alliage de plomb et d'étain) façonnée en nœud par-dessus un emboîtement, procédé également appelé «jonction en olive» selon sa forme (type SE.E.1) (fig. 4)[22]. Cette caractéristique morphologique se retrouve quatre fois sur notre mobilier (nos 6 et 21-23), mais en l'absence d'analyses métallographiques, nous ne pouvons assurer qu'il s'agisse bien d'une soudure à l'étain.

Le dernier assemblage est très particulier et semble ne s'intégrer dans aucun des types proposés par A. Cochet (no 4). Fragmentaire, il évoque un large boudin entourant le tuyau[23].

Lorsque les plombiers manquaient d'espace pour effectuer l'emboîtement des tuyaux (par exemple lors d'une réfection ou aux extrémités d'une canalisation), ils créaient par martelage une bride à l'extrémité du tuyau[24]. Celle-ci s'appuyait habituellement contre une structure ou une autre bride et était maintenue en place à l'aide d'une soudure. Aucun assemblage de ce type n'a été conservé à Avenches. Cependant, deux tuyaux dotés d'une bride témoignent de l'utilisation de ce procédé (nos 16-17). La seconde pièce, qui était peut-être noyée dans une maçonnerie des *insulae* 27 ou 33, voire du *forum*, pourrait provenir d'une réfection. Il s'agirait dès lors d'une des pièces les plus anciennes de la série: mise au jour dans une couche du Ier s., postérieure à 70 ap. J.-C., l'installation de la conduite initiale serait datée, avec une certaine vraisemblance, de quelques années auparavant, soit de la première moitié ou du milieu du Ier s.[25].

Les tuyaux en plomb peuvent également être assemblés à une plaque de fixation pour les raccorder à une autre structure. C'est le cas de la pièce no 35 qui était fixée sur un bassin en bois (*cf. infra*, p. 220-223).

Accidents et réparations dans l'Antiquité

Le point de faiblesse des tuyaux de type II se situait au niveau de leur soudure. Il n'est en effet pas rare de retrouver ce type de conduite avec une fissure courant au sommet[26]. Ce défaut peut être observé sur une pièce d'Avenches (no 16). Un second tuyau présente à une extrémité une fissure semblable, tandis qu'à l'autre extrémité la soudure, largement béante, n'a pas résisté du tout (no 18). Ce fragment de conduite semble avoir été supprimé par les plombiers romains, vraisemblablement pour être remplacé par un autre.

Certains accidents pouvaient être réparés sur place, sans nécessiter un remplacement de la conduite. Ainsi en est-il des fissures transversales pour lesquelles une intervention localisée, relativement aisée et surtout plus économique, était possible. Ces fissures étaient colmatées à l'aide d'une soudure à l'étain[27], comme en témoigne une analyse pratiquée sur un tuyau analogue découvert à Lyon (dans ce cas, un alliage avec 41% d'étain)[28]. L'étain posant souvent des problèmes de corrosion et de conservation, ces soudures ont pu disparaître avec le temps, que ce soit partiellement ou complètement. Dans ce dernier cas, il ne reste plus que la fissure.

À Avenches, trois conduites antiques, fissurées et colmatées, nous sont parvenues (nos 5, 23 et 24). La soudure a été heureusement conservée.

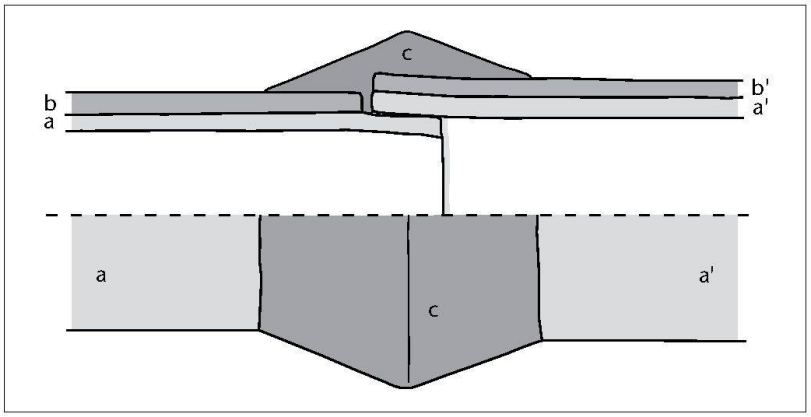


Fig. 4

Assemblage de tuyaux de type SE.E.1, appelé «jonction en olive». L'assemblage est représenté en coupe dans la moitié supérieure et de l'extérieur dans la moitié inférieure. D'après Cochet 2000, fig. 81a.

a-a' flancs des tuyaux
b-b' cordons de soudure longitudinal
c nœud de soudure

21 Cette mesure n'est toutefois pas expressément donnée par Vitruve qui a transcrit une dizaine de dimensions standardisées. On peut cependant raisonnablement penser qu'il ne s'agit que d'exemples et que le *senaria*, mentionné par Frontin, existait déjà au début de notre ère.

22 Cochet 2000, p. 70.

23 Dans la mesure où les extrémités de ce «boudin» se recouvrent, nous ne pensons pas qu'il s'agit d'un assemblage de type P.E.1 (manchon coulé dans un moule d'argile).

24 Cochet 2000, p. 66-70.

25 Selon Bossert/Fuchs 1989 (p. 38), le premier état du *forum* daterait de l'époque tibérienne, tandis que des réfections sont effectuées à l'époque claudienne ou claudio-néronienne. L'étude des investigations menées en 2003 dans les *insulae* adjacentes (21, 27 et 33) est en cours (Morel *et al.* 2003, p.164-167; Delbarre-Bärtschi/Bossert 2006).

26 Cochet 2000, p. 61.

27 La terminologie exacte est en réalité «brasure avec un alliage de plomb et d'étain», mais on utilise couramment la désignation de «soudure à l'étain».

28 Cochet 2000, p. 76.

Aucune analyse métallographique n'a été réalisée sur ces réparations, et l'on peut se demander si un faible pourcentage d'étain pourrait être à l'origine de ces excellentes conservations.

Les raccords de conduites

À chaque extrémité d'une conduite, un raccord doit être effectué, sur un réservoir, une autre conduite ou un robinet par exemple[29]. Une simple bride martelée à l'extrémité du tuyau permettait l'assemblage (*cf. supra*, en particulier le fragment n° 17).

Lorsque la conduite se raccordait sur un bassin en bois, les plombiers d'*Aventicum* ont employé un procédé légèrement différent. Une plaque de fixation est percée d'une ouverture adaptée au tuyau. Celui-ci y est introduit sur quelques centimètres et un gros cordon de soudure étanchéifie cette jonction. Le tout est fixé à l'aide de clous en fer sur le bassin en bois.

Deux raccords de conduite de ce type ont été mis au jour à Avenches (nos 35-36). Tous deux proviennent d'espaces ouverts. Le premier, le mieux conservé, a été découvert près d'une structure interprétée comme une fontaine, tandis que le second provient de la cour d'une maison de l'*insula* 10 ayant pu accueillir une auberge[30].

Les récipients, chaudières, réservoirs, bassins ou cuves

De par leur forme et leurs dimensions, les tuyaux constituent les objets hydrauliques les plus aisément identifiables. Les cuves généralement de grandes dimensions et partiellement conservées sont beaucoup plus difficiles à reconnaître. Leur fonction antique est dès lors d'autant plus ardue à préciser. Il peut s'agir de bassins, de réservoirs, de chaudières...

La ville d'*Aventicum* a livré onze pièces qui sont ou pourraient être identifiées comme des récipients en plomb permettant de stocker de l'eau. Parmi celles-ci, une a été identifiée comme chaudière lors de sa découverte (n° 37). Cette identification ne peut malheureusement pas être confirmée car la pièce reste introuvable à ce jour.

Trois des pièces en plomb les plus exceptionnelles mises au jour à Avenches sont intégrées dans ce chapitre. La première est probablement un réservoir, d'une contenance estimée d'environ 400 litres, muni d'un siège de clapet en bronze devant correspondre à une installation pour l'alimentation en eau d'une autre structure, une chaudière par exemple (n° 38). La deuxième est ornée d'un motif remarquable, la queue d'un animal marin, peut-être d'un triton ou d'un cheval marin. Ce décor en fait la pièce en plomb la plus prestigieuse du musée (n° 39). L'identification de la troisième pièce, exceptionnellement complète, reste par contre très problématique. Si son emploi en relation avec l'eau ne nous paraît pas devoir être remis en question, nous ne comprenons néanmoins pas sa fonction exacte (n° 47). Il en va de même pour deux autres pièces très énigmatiques (nos 45-46).

Les dernières pièces sont très fragmentaires, rendant leur identification d'autant plus incertaine (nos 41-44). Pour elles, la fonction de bassin n'est donc pas la seule envisageable.

Les pommelles

À l'époque romaine, les bassins de décantation étaient un système pratique et fréquemment mis en place pour débarrasser l'eau de ce qu'elle pouvait charrier. Néanmoins, des grilles appelées pommelles étaient souvent nécessaires pour filtrer et retenir des éléments qui ne se seraient pas déposés dans lesdits bassins. Aisément accessibles, ces grilles semblent avoir été souvent récupérées dans l'Antiquité. Dans notre région, la *villa* d'Orbe VD-*Boscéaz* a cependant livré deux pommelles. L'une est fragmentaire et repliée sur elle-même, probablement en vue d'une refonte du métal, tandis que la seconde a été découverte quasiment en place dans l'écoulement de vidange du bassin interne du réservoir[31].

La ville d'*Aventicum* nous en a livré un exemplaire (n° 48), dont le contexte de découverte reste malheureusement inconnu.

Les plaques d'étanchéité

Les Romains ont utilisé des plaques de plomb pour tout type d'étanchéité, entre autre pour des toitures de grands édifices, pour le revêtement de carènes de bateaux, voire exceptionnellement pour imperméabiliser un mur[32]. Hors contexte, ce ne sont malheureusement que des plaques ou des lamelles, parfois percées de trous de fixation. Elles sont donc particulièrement difficiles, voire impossibles à identifier, du moins avec certitude.

La ville d'*Aventicum* a livré deux pièces qui pourraient cependant être des plaques d'étanchéité (nos 49-50)[33]. Il s'agit de plaques quadrangulaires percées d'un ou de plusieurs trous de fixation.

29 Exception de taille à cette règle, les fontaines publiques, qui coulaient en permanence, de jour comme de nuit.

30 Fuchs 2003, p. 262.

31 Information orale de José Bernal et Matthieu Demierre. Étude en cours.

32 *Cf.* Cochet 2000, p. 2. L'imperméabilisation des murs à l'aide de lamelles de plomb est exceptionnelle, mais attestée à Pompéi, dans la maison du Faune; *cf.* Barbet/Allag 1972, p. 958.

33 Il paraît des plus vraisemblable que, parmi les nombreuses pièces, tôles et autres fragments indéterminés mis au jour à Avenches, se trouvent d'autres plaques d'étanchéité.

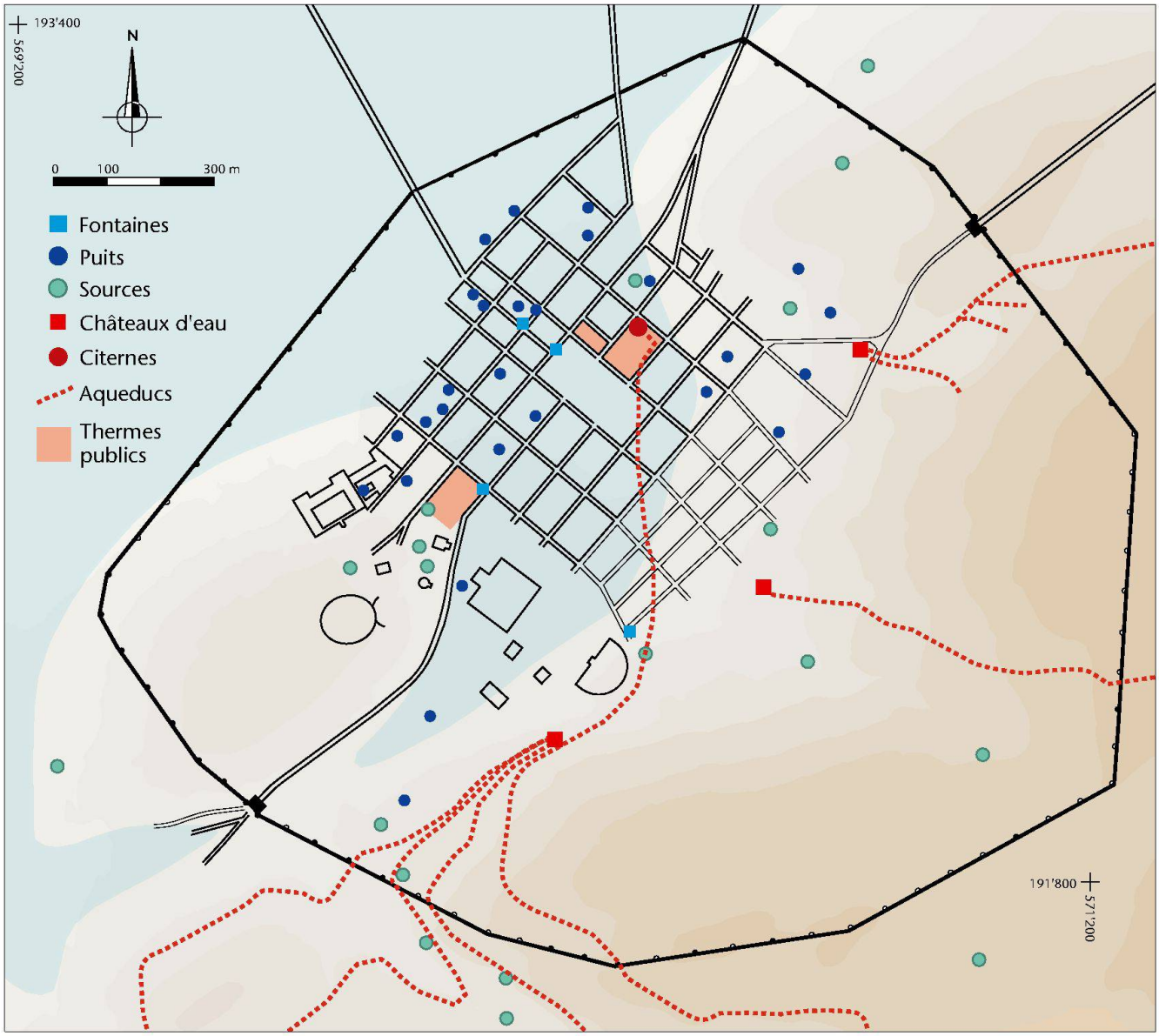


Fig. 5a
Aventicum. *Plan schématique du site avec localisation des différentes structures hydrauliques connues ou présumées à ce jour. L'emplacement des châteaux d'eau et le tracé des aqueducs restent hypothétiques. En l'absence d'une étude et d'un recensement des thermes privés, seuls les établissements publics sont localisés. La trame bleu clair correspond à l'emprise de la nappe phréatique. D'après Grezet 2006, fig. 6, 32 et carte 1.*

Le contexte avenchois

Analyses spatiales et chronologiques

Les objets en plomb peuvent constituer une approche intéressante, quoique généralement complémentaire à d'autres, pour la compréhension du réseau hydraulique d'une ville. Ainsi, Pompéi nous montre que le réseau de distribution de l'eau pouvait être principalement constitué de conduites en plomb. Cet exemple méditerranéen du Ier s. av. J.-C. ne peut certes pas être appliqué tel quel à des villes érigées quelques décennies plus tard au nord des Alpes. Il n'en reste pas moins riche d'enseignements. On peut en effet souligner l'emploi de tuyaux de calibres différents selon leurs proximité ou au contraire leur éloignement des châteaux d'eau et par conséquent leur débit. Ou encore l'ingéniosité des artisans et l'aisance de la mise en forme du plomb, tout deux nécessaires à la mise en place de solutions exactement adaptées aux problèmes ponctuels rencontrés.

Les ressources hydrauliques de la ville d'*Aventicum* sont relativement bien connues, grâce à différentes études menées sur ses aqueducs[34]. Ceux-ci étaient au nombre de six, voire sept, et aboutissaient dans des châteaux d'eau et une citerne localisés en quatre lieux différents (fig. 5a).

Par contre, aucune investigation approfondie n'a été réalisée sur l'emprise même de la ville. On sait cependant qu'une vaste partie de son réseau urbain est bâtie au-dessus de la nappe phréatique. Dès lors les habitants disposaient d'une eau abondante et pérenne grâce aux nombreux puits construits: à ce jour, plus d'une trentaine de

34 *Cf.* la dernière en date, où l'on trouvera toutes les références aux autres études: Grezet 2006.

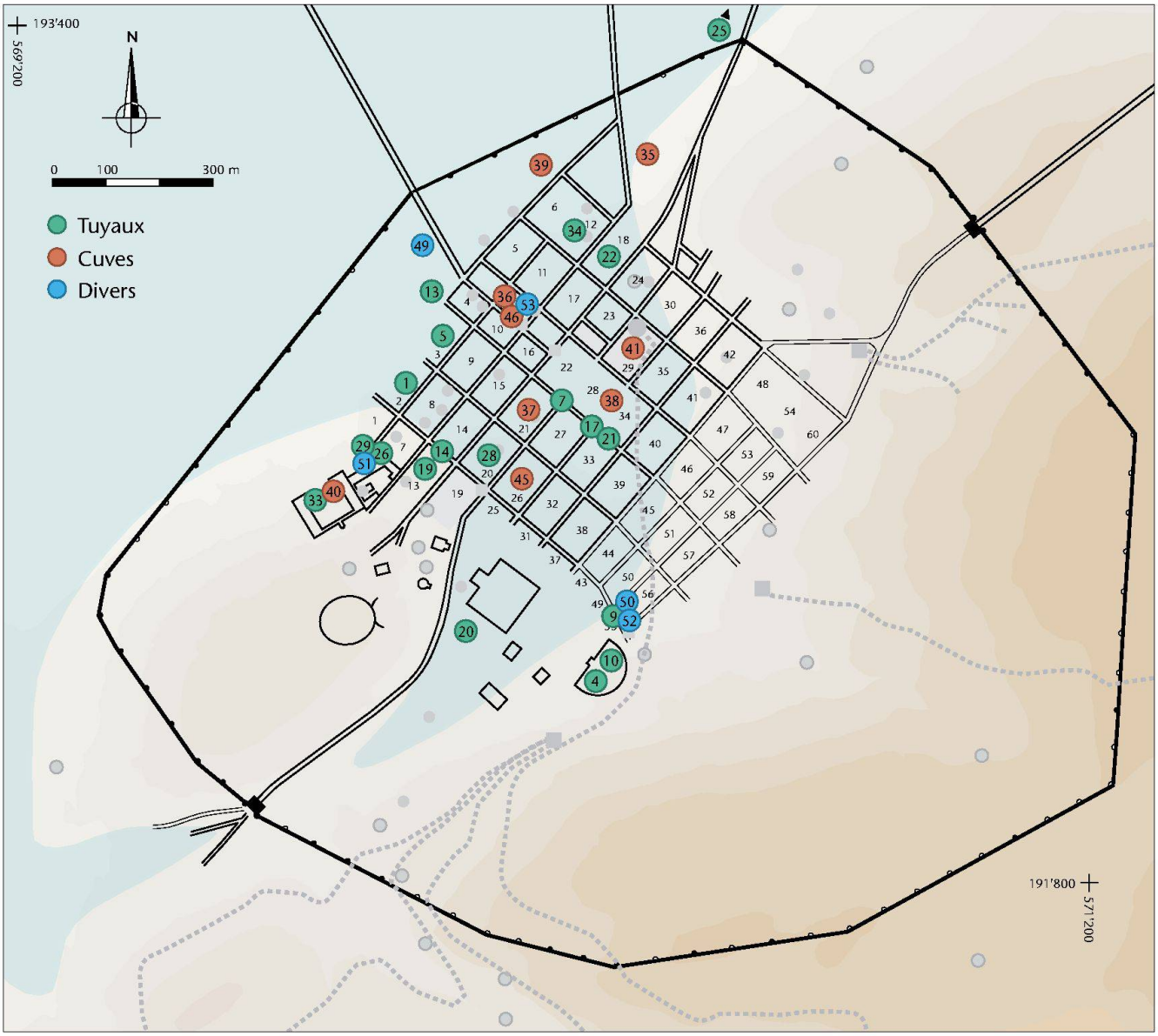


Fig. 5b
Aventicum. *Carte de répartition des objets en plomb liés à l'hydraulique. Les numéros renvoient au catalogue. La trame bleu clair correspond à l'emprise de la nappe phréatique. En grisé léger, les différentes structures hydrauliques de la ville antique* (cf. *fig. 5a*).

ces structures ont été mises en évidence. La ville devait également être desservie par de multiples fontaines publiques. Cependant, seules quatre d'entre elles ont pu être localisées (fig. 5a)[35].

Comme nous l'avons déjà remarqué, les tuyaux en plomb d'*Aventicum* sont tous d'un petit module. Par conséquent, aucun d'eux ne provient d'une conduite principale, même ceux trouvés à proximité plus ou moins immédiate de l'emplacement supposé de châteaux d'eau. En l'occurrence, il s'agit des trois installations au lieu-dit *Au Gros Tertre* et des tuyaux découverts au *Lavoëx* (n° 20), au théâtre (n°s 4 et 10) et *en Selley* (n° 9).

La carte de répartition des objets en plomb liés à l'hydraulique en général, et des tuyaux en particulier, ne semble pas pouvoir être mise en relation avec la nappe phréatique (fig. 5b). En effet, seuls dix-huit fragments de conduite en plomb (vingt si l'on prend en considération les deux raccords) sont localisables sur un plan de la ville *intra muros*. Parmi ceux-ci, un peu moins de la moitié, soit sept exemplaires, ont été mis au jour hors de l'emprise de la nappe phréatique.

La relation des éléments hydrauliques avec les fontaines publiques n'est pas plus aisée à mettre en évidence. Seuls un fragment de tuyau (n° 9) et un raccord de conduite (n° 35) ont été découverts à proximité de fontaines, cependant sans lien apparent.

Seuls quatre fragments de tuyaux ont été mis au jour dans le réseau de voirie de la ville: les trois premiers proviennent des fouilles effectuées en 2003 au *forum* tandis que le dernier vient de la

35 Grezet 2006, p. 60. Certains puits sont implantés hors du périmètre de la nappe phréatique et devaient être alimentés par un cours d'eau souterrain ou une poche souterraine imperméable.

voie située entre les *insulae* 13 et 14 (nos 7, 17, 21 et 14). Cependant, aucun d'eux n'a été découvert à son emplacement premier: contextes remaniés ou dommages infligés dans l'Antiquité l'attestent sans ambiguïté.

Trois établissements balnéaires publics ont été localisés à Avenches, dans les *insulae* 19, 23 et 29[36]. D'autres thermes, dont le caractère public ou privé n'est pas toujours défini, ont également été identifiés, tels ceux du palais de *Derrière la Tour* ou des *insulae* 16 et 18[37]. Finalement, des installations thermales privées sont aussi attestées, telles celles de l'*insula* 12[38]. Aucun objet en plomb ne peut être relié à l'hydraulique des thermes des *insulae* 19 et 23. En revanche, un fragment de bassin, d'identification incertaine, pourrait provenir des thermes d'*En Perruet*, situé dans l'*insula* 29 (n° 41). Un second fragment de bassin a été attribué au même établissement, cependant il a été découvert à une distance d'environ 400 m et cette provenance ne peut être assurée (n° 39). L'aile thermale du palais de *Derrière la Tour*, quant à elle, a livré deux fragments de conduite en plomb, soit les nos 26 (fragment très petit et d'identification incertaine) et 29 (fragment aujourd'hui disparu et dont le contexte de découverte n'est pas totalement assuré). Un dernier tuyau peut être mis en relation avec des installations thermales (n° 1). En effet, selon le catalogue Troyon, lors de sa découverte il *«traversait le mur de la chambre de bains du Pré-Vert»*. Il s'agit d'aménagements dégagés en 1865 dans la *domus* de l'*insula* 2 et interprétés alors comme des thermes privés.

Seules dix-huit des cinquante-quatre pièces traitées dans cet article peuvent être datées. En réalité, ce ne sont pas tant les pièces que leurs contextes de découverte qui sont datés. En effet, des objets de ce type, les tuyaux en particulier, peuvent être en fonction durant plusieurs centaines d'années et par conséquent leur contexte de découverte ne nous donne que rarement leur date de fabrication[39].

À Avenches, la plupart de ces datations donnent une fourchette assez large. De plus, tous ces objets en plomb étant anépigraphes, ils ne peuvent nous fournir aucun indice chronologique. Les pièces les plus anciennes ont été mises au jour dans la voirie, à l'ouest du *forum*. La première constitue un élément résiduel dans la fosse d'implantation d'une canalisation en bois dont le *terminus post quem* est de 46 ap. J.-C. (n° 7). La seconde pièce est une collerette de tuyau qui pourrait avoir été découpée lors d'une réfection (n° 17). La pose de la conduite initiale pourrait être datée de la première moitié ou du milieu du Ier s. ap. J.-C.[40]. Soulignons encore que les vestiges archéologiques ont permis de préciser que l'installation de l'eau courante à l'intérieur des *domus* des *insulae* 10 Est, 12 et 13 est postérieure au milieu du IIe s.[41]. Cette analyse ne peut malheureusement être corroborée ni démentie par les éléments hydrauliques en plomb.

Les analyses spatiales et chronologiques de ces objets en plomb n'autorisent ni généralités, ni hypothèses globales. Cela s'explique essentiellement par le nombre relativement restreint de pièces, dont, en outre, on ignore trop souvent le contexte de découverte. En effet, cinquante pièces mises au jour dans l'espace urbain d'une colonie de cette importance et ce pour toute la période romaine, constitue une quantité véritablement négligeable comparée à toutes les conduites et bassins qui devaient vraisemblablement s'y trouver[42]. De plus, nombre de ces pièces sont d'anciennes découvertes pour lesquels nous ne disposons malheureusement que de très rares, voire d'aucunes indications.

De la fabrication des tuyaux et autres pièces hydrauliques en plomb à *Aventicum*

Les objets en plomb liés au domaine de l'hydraulique sont, pour la plupart, lourds et volumineux. De plus, ils sont relativement fragiles. C'est pourquoi on évitait de les déplacer sur de longues distances. Dès lors, ces objets sortaient d'ateliers locaux, voire pouvaient être fabriqués directement sur le chantier[43]. Une colonie comme *Aventicum* devait, selon toute vraisemblance, comprendre plusieurs ateliers de plombiers[44].

L'artisanat du plombier romain et les infrastructures nécessaires à sa pratique sont à ce jour très mal connus. Des ateliers ont été découverts à *Herculanum* et à Pompéi[45]. En Suisse, les traces les plus probantes de l'activité de plombiers ont été reconnues à Lausanne VD-*Vidy*, Sion VS-*Sous-le-Scex* et Vallon FR[46].

36 Hochuli-Gysel (dir.) 2001, p. 33; Martin Pruvot 2006.

37 Freudiger 2001.

38 Morel *et al.* 2001a.

39 Cochet/Hansen 1986, p. 12; Cochet 2000, p. 131.

40 *Cf. supra*, n. 25.

41 Fuchs 2003, p. 376.

42 Nous avons vu que la présence de la nappe phréatique n'a apparemment aucune influence sur la carte de répartition des découvertes, en particulier des tuyaux. Dès lors, elle ne devrait pas expliquer leur absence. En fait, cette dernière est très vraisemblablement due au phénomène de récupération et de recyclage du plomb par refonte. *Cf. supra*, p. 2 et 9.

43 Cochet/Hansen 1986, p. 24.

44 Les études réalisées en France, à Lyon et à Vienne, suggèrent *«l'existence de nombreux ateliers, dont beaucoup devaient être de taille modeste»* (Cochet 2000, p. 155).

45 Monteix *et al.* 2005 et étude en cours.

46 Lausanne-*Vidy*: Paunier *et al.* 1987, p. 39, Serneels 2005, p. 129. Sion: Lehner 1987, p. 153-154; Vallon: Fuchs 2000, p. 42. D'autres sites ont livré des chutes ou des coulures de plomb. Cependant, ce mobilier n'étant que rarement étudié, ces découvertes font, au mieux, l'objet d'une mention.

À Avenches, les investigations archéologiques menées en 1997 au lieu-dit *En Selley* ont permis d'identifier un, voire deux ateliers de plombiers datés du IVe s. ap. J.-C.[47]. Selon le mobilier mis au jour, les plombiers d'*En Selley* se sont assurément adonnés à la pratique de la récupération et ont refondu le plomb ainsi obtenu. Deux pièces liées à l'hydraulique, le tuyau n° 9 et l'éventuelle plaque d'étanchéité n° 50, ont été découvertes dans cet atelier de métallurgie du plomb. Cependant, leur état de conservation nous paraît plutôt témoigner de l'activité de récupération que de celle de production.

La chute mise au jour *En Chaplix* (n° 25) constitue une découverte exceptionnelle, que ce soit par sa rareté ou par les informations qu'elle nous fournit. En effet, comme pour toute activité de fonte métallurgique, les chutes de plomb ne sont pas des déchets mais de la matière première à refondre. Pour une raison inconnue, celle-ci a donc échappé à la refonte.

La fabrication d'un tuyau coudé[48] entraîne le rejet d'une chute particulièrement caractéristique: triangulaire, elle comprend une partie des flancs du tuyau et le cordon de soudure (fig. 6). Telle est très exactement la description et par conséquent l'origine de la pièce d'*En Chaplix*. Découverte dans les déblais de la fouille, elle ne peut être rattachée à des structures artisanales. Il paraît cependant fort peu vraisemblable qu'elle ait «voyagé», si bien que l'on doit supposer la présence alentour d'un atelier de plombier. Cette hypothèse paraît d'autant plus logique que la zone *extra muros* d'*En Chaplix* constitue une véritable «zone industrielle»: deux fours de tuiliers, deux moulins hydrauliques et un (probable) chantier naval y ont été mis au jour, ainsi que des déchets provenant de l'activité de forgerons, de bronziers, de potiers et de tailleurs de pierre (au port)[49]. En outre, la fabrication de tuyaux en plomb nécessite, selon les expérimentations réalisées par A. Cochet, une place assez importante[50]. La zone d'*En Chaplix* répondait donc parfaitement aux besoins d'un plombier romain fabriquant des tuyaux.

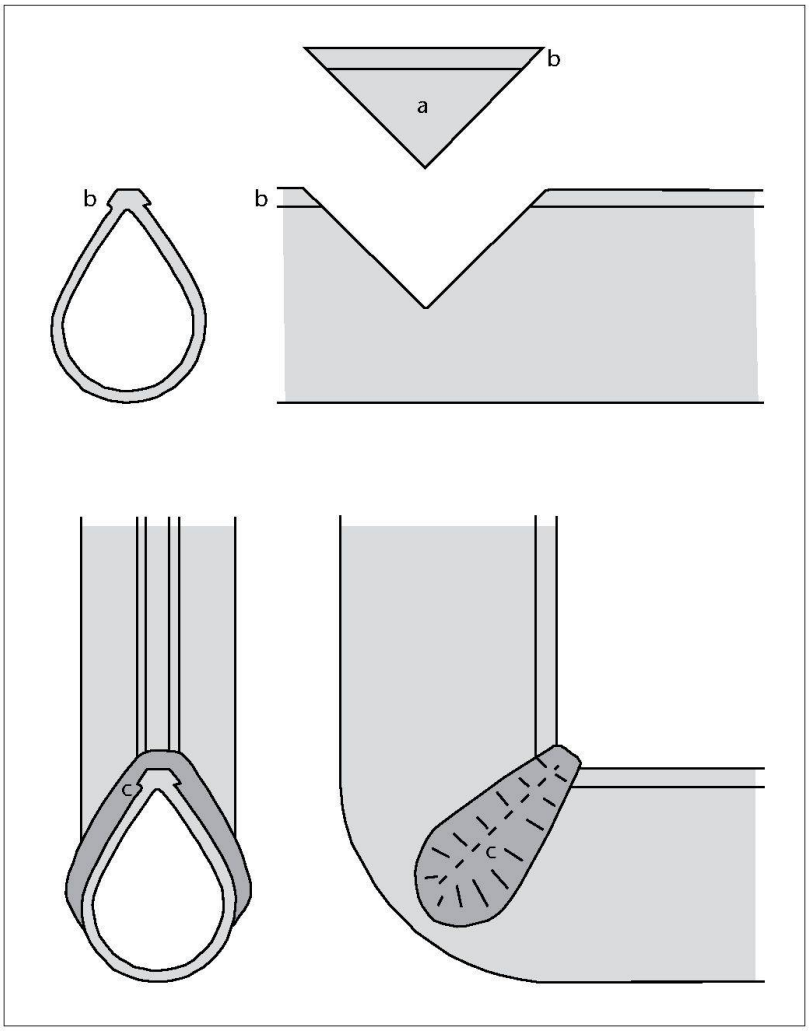


Fig. 6
La fabrication d'un tuyau coudé. Dans un premier temps, l'artisan découpe le sommet du tuyau et en retire un fragment triangulaire, sur lequel on peut voir les flancs (a) encadrant le cordon de soudure longitudinal (b). Puis, il plie ledit tuyau et colmate l'ouverture par une soudure à l'étain (c). D'après Cochet 2000, fig. 87.

Des analyses métallographiques effectuées sur des pièces avenchoises nous donnent quelques indices concernant la qualité, voire la provenance du plomb utilisé. Une première série d'analyses a été réalisée en janvier 1999 à l'aide du spectrographe travaillant sous atmosphère d'argon de l'affinerie *Metaleurop* de Villefranche sur Saône F, à la demande d'A. Cochet. Aucune de ces analyses n'a été réalisée sur des alliages. Il en ressort que plusieurs pièces sont coulées avec du plomb assez pur (teneur en plomb variant entre 99,8 et 99,9%), avec des traces de cuivre, de nickel, d'argent et d'arsenic[51]. Le réservoir n° 38 est quant à lui constitué d'un plomb moyennement pur (environ 99,4 % de plomb) avec de l'étain et de l'antimoine comme impuretés principales (en moyenne 0,4%) et accessoirement du cuivre, de l'argent, de l'arsenic et du bismuth. La présence d'étain et d'antimoine n'est pas typique pour les minéralisations de galène, le minerai de plomb le plus important dans l'Antiquité. Pour ce réservoir, il faut donc imaginer une autre source de plomb ou alors une contamination par un matériel riche en étain et en antimoine, en l'occurrence vraisemblablement par le recyclage d'objets comportant des soudures à l'étain[52].

47 Blanc *et al.* 1999b, p. 33-35; Duvauchelle 1999.

48 Aucun tuyau coudé à angle droit n'a été découvert à *Aventicum* et conservé. Cependant, deux canalisations formant un coude plus ouvert ont été mis au jour, l'une en 1708 dans le palais de *Derrière la Tour* (n° 33), l'autre en 1786, vraisemblablement dans l'*insula* 12 (n° 34).

49 Fours de tuiliers: Eschbach/Castella 1995. Moulins hydrauliques: Castella 1994; Blanc *et al.* 2007, p. 235-243. Chantier naval: Hochuli-Gysel (dir.) 2001, p. 19 et 53. Forgerons et bronziers: Castella 1994, p. 117. Potiers: Castella/Meylan Krause 1999, p. 79. Tailleurs de pierre: Bonnet 1982.

50 Cochet 2000, p. 139-142.

51 Nos 22, 23, 47 et 53. Ce dernier plomb montre néanmoins certaines similitudes dans le spectre des éléments traces avec le plomb du réservoir n° 38. *Cf. infra*, fig. 95.

52 Commentaires gracieusement communiqués par B. Guénette-Beck que nous remercions.

Une seconde série d'analyses, isotopiques celles-ci, a été réalisée par B. Guénette-Beck dans le cadre de sa thèse. Diverses découvertes avenchoises avaient été prises en compte lors de cette campagne. Cependant, seul le raccord de conduite n° 35 est intégré à cet article. Il a alors été déterminé que le plomb utilisé provenait vraisemblablement des mines de Siviez en Valais[53].

Autres éléments et matériaux liés à l'hydraulique à Avenches

Le plomb ne constitue de loin pas la seule matière utilisée pour fabriquer des objets liés à l'hydraulique. Le bois, la terre cuite et le bronze sont également très fréquemment employés.

Ainsi, des robinets en bronze étaient directement fixés sur les tuyaux en plomb. *Aventicum* a livré six robinets et une probable clé. Seul le contexte de découverte et la datation d'une de ces pièces sont connus: un robinet conçu pour s'adapter à un tuyau appelé *septenaria* (diamètre intérieur de 32,4 mm selon les normes de Frontin) mais dont on ne sait s'il a jamais été utilisé, a été jeté dans un puits construit dans la seconde moitié du IIe s. ap. J.-C.[54]. Les autres robinets, y compris la probable clé, sont des trouvailles anciennes et, selon W. Drack[55], seraient tous postérieurs au XIIIe s.[56]. D'autres pièces peuvent être en bronze, tel cet élément de fontaine en forme de pomme de pin d'où devait jaillir l'eau[57], ou encore ce tuyau en bronze découvert en 1843 au théâtre et qui provenait d'une pompe[58].

Les canalisations proprement dites sont de toutes formes, de toutes dimensions et sont construites avec toutes sortes de matériaux. Elles peuvent être maçonnées comme celle qui a été créée à partir de matériaux en remploi en grès et en calcaire blanc dans la demeure mise au jour au nord des *insulae* 3 et 4[59] ou construite avec des tuiles, telle cette conduite emmurée entre deux pièces de l'*insula* 10 Est et constituée de deux *imbrices* inversées[60]. Les artisans romains ont également fabriqué des tubulures de canalisation en terre cuite, dont l'inventaire avenchois est en cours. Les conduites pouvaient encore être en bois, telles celles découvertes *En Chaplix*[61] et assemblées à l'aide de frettes en fer[62].

L'étude de l'ensemble de ces découvertes sort du cadre de cet article. Certes, quelques pièces évoquées ci-dessus ont déjà été étudiées individuellement, de même que le réseau d'aqueducs alimentant la colonie. Cependant, il serait aujourd'hui souhaitable d'effectuer une recherche plus globale, intégrant tous les aspects liés à la gestion de l'eau à *Aventicum*. Une telle approche serait certainement source de très nombreux enseignements.

Conclusion

Cette étude a permis de mettre en évidence différents points. Le tout premier est sans conteste l'énorme travail de récupération du plomb, en vue de sa refonte, qu'ont effectué les Anciens[63]. En effet, bien que les cinquante-quatre objets pris en compte dans cet article totalisent près de 500 kg[64], cette masse ne représente probablement qu'une part infime de tout le plomb employé à l'époque romaine pour une colonie comme *Aventicum*. Les investigations du XIXe ou du début du XXe s. ayant proportionnellement livré plus de pièces que les interventions récentes, nous pouvons en conclure que cette activité de récupération s'est essentiellement déroulée avant l'exploration des vestiges archéologiques de la ville, vraisemblablement déjà dans l'Antiquité.

A. Cochet et J. Hansen avaient souligné les particularités des productions lyonnaises et viennoises et mis en exergue l'existence de certaines différences régionales[65]. L'étude des pièces avenchoises confirme ce dernier point. Ainsi, la collection des conduites en plomb conservées au Musée romain d'Avenches montre une certaine homogénéité, mais elle diffère assez nettement de celles des deux villes françaises par exemple par la nette prédominance des tuyaux de type II, par l'absence totale de pièces avec inscription ou encore par une référence assez marquée aux dimensions standardisées transcrites par Vitruve.

53 Guénette-Beck 2005, p. 118-119 et 289, objet n° 119. *Cf. infra*, fig. 94.

54 Blanc *et al.* 1995, p. 23 et 100.

55 Drack 1997.

56 Soulignons qu'en 1902, M. Favre a trouvé dans son champ situé *Au Lavoëx*, un robinet en bronze (inv. 1902/03268) et un fragment de tuyau en plomb (n° 20). Nous ne savons cependant pas s'il existait un lien entre les deux. De même, *En Prilaz*, ont été découverts à quelques années d'intervalles, un robinet en bronze (inv. 1842-43/871) et le réservoir n° 38.

57 Drack 1997, fig. 22, 2.

58 Schiøler 1999, Bursian 1868, pl. 4, 7.

59 Morel *et al.* 2003, p. 170-171.

60 Fuchs 2003, p. 276 et fig. 121.

61 Inv. 90/7825-B. Découverte inédite.

62 Blanc *et al.* 1999a, p. 16, 3. Sans oublier les canalisations attestées en fouilles par leur simple négatif: p. ex. Fuchs 2003, St. 177.

63 Aucune étude sur le recyclage du plomb dans l'Antiquité n'a été réalisée à ce jour. Il est cependant vraisemblable qu'il était plus ou moins intéressant selon les périodes. C'est ainsi qu'à *Augusta Raurica*, des indices témoignent d'une récupération non systématique à la fin de l'Empire. *Cf.* Guénette-Beck/Furger 2004, p. 267-270.

64 Soit 361'735,56 g pour les 45 pièces découvertes à Avenches et conservées dans les collections, et 110'000 g pour le bassin? de Corcelles-près-Payerne. En outre, huit pièces sont aujourd'hui introuvables, dont nous savons que l'une pesait 1,5 kg et une autre plus de 20 kg.

65 Cochet/Hansen 1986, Cochet 2000.

Par leur caractère exceptionnel, certaines pièces avenchoises méritent d'être mises en évidence. Nous en mentionnerons trois ici. Les trois conduites n°s 5, 23 et 24 sont, à ce jour et à notre connaissance, les seules qui aient conservé intacte la soudure effectuée pour colmater la fissure verticale qui les rendait inefficaces[66]. Le fragment de bassin n° 39 est la seule pièce ornée de ce *corpus*. Son motif, un animal marin, peut-être un triton, est exécuté avec grand soin et permet très probablement de rattacher ce bassin aux activités thermales. Quoique incomplet et conservé en plusieurs fragments, le réservoir n° 38 constitue également une pièce intéressante par sa taille, son mode de fabrication et son système permettant l'alimentation en eau d'une autre installation.

Faute d'études comparables, il est cependant difficile de replacer ce *corpus* dans une perspective globale. Nous ne pouvons donc que souhaiter que le mobilier en plomb d'autres sites romains soit publié, créant ainsi une véritable base de comparaison.

Il serait également très intéressant d'effectuer une étude métallographique des pièces de ce *corpus*. Celle-ci pourrait compléter nos connaissances sur au moins trois aspects distincts: les techniques pratiquées par les plombiers romains peuvent être mises en évidence par la structure métallographique, la maîtrise des alliages mis en œuvre ou les méthodes de traitement des minerais peuvent être appréhendées au travers d'analyses chimiques, alors que la provenance du plomb utilisé peut être dévoilée par des analyses isotopiques[67].

66 Une observation attentive des tuyaux est souvent nécessaire pour repérer ces réparations. Il est donc vraisemblable que certaines n'ont pas été repérées et par conséquent pas publiées.

67 Voir en particulier la thèse de B. Guénette-Beck (Guénette-Beck 2005), les travaux de M. Pernot (Monteix *et al.* 2005; Monteix *et al.*, sous presse) et les analyses effectuées à la demande d'A. Cochet (Cochet 2000, p. 143-153).

Catalogue

Ce catalogue comprend toutes les pièces en plomb découvertes sur le site romain d'Avenches et identifiées à ce jour comme ayant un lien avec l'eau.

Les dessins sont à l'échelle 1:2. Par convention, les tuyaux sont toujours dessinés de dessus (vue principale), mais la soudure vers le haut sur la coupe.

L'échelle des photos varie selon la taille des objets, celle-ci étant indiquée dans la notice de catalogue.

Les numéros d'inventaire débutant par CT sont attribués à des pièces inventoriées dans le catalogue Troyon, mais aujourd'hui introuvables.

Abréviations utilisées

CT	catalogue Troyon
diam.	diamètre
ép.	épaisseur
g	gramme
haut.	hauteur
int.	intérieur
larg.	largeur
Long.	longueur
max.	maximum

Les tuyaux

1. Tuyau *fig. 7-8*

Inv. 1865/1222.

Typologie

Tuyau: Cochet 2000, type I A.

Description

Section piriforme. Cordon de soudure de section trapézoïdale. Traces de mortier au tuileau, visibles en particulier près du cordon de soudure. Une des extrémités du tuyau a été partiellement sciée lors, voire après sa découverte.

Dimensions, poids

Long. conservée 600 mm, périmètre int. 167 mm, 7'100 g.

Contexte de découverte

En Pré Vert, champ de M. Senaud. *Insula* 2. Dans le mur de la chambre des bains.

Référence bibliographique

Bursian 1868, pl. IV, 4.

Commentaires

Sur le dessin publié en 1868 par C. Bursian, une des extrémités de la canalisation est fortement évasée (fig. 8). Ce type d'aménagement permettait l'emboîtement de deux tuyaux. Cependant, l'auteur ne fait mention d'un second tuyau ni dans son texte, ni sur l'illustration. En outre, cette extrémité évasée n'est plus visible sur la pièce aujourd'hui conservée. Au vu des différences de longueur (950 mm sur le dessin et 600 mm sur la pièce conservée) et des traces observées, il semblerait que ladite extrémité ait été sciée sur environ 350 mm[68].

Lors de son entrée au Musée, il a été précisé dans le catalogue Troyon que ce tuyau «*traversait le mur de la chambre de bains du Pré-vert*». L'*insula* 2 abrite une demeure à péristyle qui a été partiellement fouillée à la fin du XIXe s. Sur le plan publié en 1868 par C. Bursian, la présence de bains est signalée. E. Secretan, dans son texte explicatif du plan d'*Aventicum*, écrit: «*On a trouvé là* [= aux *Prés-Verts*], *cela va presque sans dire, des traces d'hypocaustes et d'aqueducs, ainsi que bon nombre d'objets catalogués.*»[69]. Malgré quelques investigations archéologiques menées en particulier en 1998, 2001 et 2007[70], l'étude de l'ensemble de cette *insula* n'a pour l'instant pas été reprise, et l'on ne peut guère que supposer la présence de thermes privés dans cette *domus*.

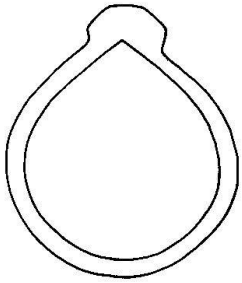


Fig. 7
Avenches, insula *2. Tuyau n° 1. Section à l'échelle 1:2.*

Fig. 8
Avenches, insula *2. Tuyau n° 1. Dessin réalisé peu après sa découverte. Tiré de Bursian 1868, pl. IV, 4.*

68 Cette extrémité n'a pu être identifiée dans le mobilier inventorié.

69 Secretan 1888, p. 43.

70 Morel *et al.* 1998, p. 223; Morel *et al.* 2001b, p. 274; Blanc *et al.* 2007, p. 243.

2. Tuyau *fig. 9*

Inv. X/3290.

Typologie

Tuyau: Cochet 2000, type I A.

Description

Section piriforme. Cordon de soudure de section trapézoïdale. Une des extrémités du fragment est aplatie et repliée, tandis que l'autre a été partiellement sciée lors de sa découverte.

Dimensions, poids

Long. conservée 755 mm, périmètre int. 131 mm, 7'500 g.

Contexte de découverte

Avenches, localisation non précisée.

Commentaires

Le périmètre intérieur de ce tuyau est très proche d'un *septenaria* selon les normes de Vitruve (129,5 mm)[71].

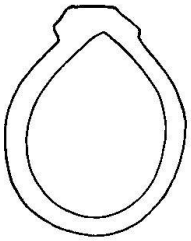


Fig. 9

Avenches. Tuyau n° 2. Section à l'échelle 1:2.

3. Tuyau *fig. 10*

Inv. X/3270.

Typologie

Tuyau: Cochet 2000, type I A.

Description

Deux fragments présentant une courbure et montrant un cordon de soudure de section *grosso modo* trapézoïdale.

Dimensions, poids

Long. conservée 78 mm, 264,47 g.

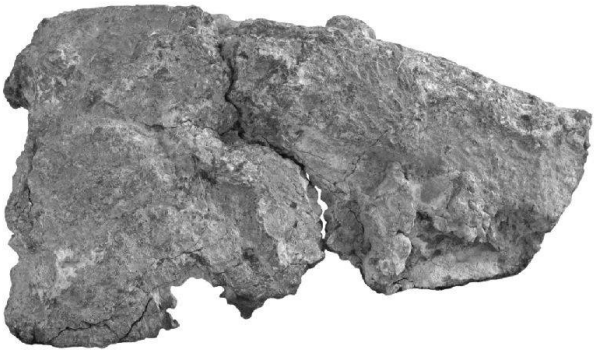
Contexte de découverte

Avenches, localisation non précisée.

Commentaires

L'état de conservation du fragment ne permet pas de préciser si la courbure visible sur le cordon de soudure est accidentelle ou si elle témoigne d'une conduite courbée.

Ce fragment avait été inventorié lors de son entrée au Musée. Malheureusement son étiquette est devenue complètement illisible. Si nos prédécesseurs y ont reconnu un tuyau, il ne peut correspondre qu'au numéro d'inventaire CT 1897/3024 (n° 30) voire aux deux fragments manquants de 1894/2765 (n° 15). Dans ce dernier cas cependant, la typologie diffère.



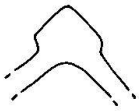


Fig. 10

Avenches. Tuyau n° 3. Section à l'échelle 1:2.

71 Cette mesure n'est pas expressément donnée par Vitruve qui a transcrit une dizaine de dimensions standardisées. On peut cependant raisonnablement penser qu'il ne s'agit que d'exemples et que le *septenaria*, mentionné par Frontin, existait déjà au début de notre ère.

4. Tuyau *fig. 11-12*

Inv. 99/10909-4.

Typologie

Tuyau: Cochet 2000, type I A.

Assemblage: Cochet 2000, hors typologie.

Description

Fragment cassé longitudinalement et écrasé. Cordon de soudure de section trapézoïdale. À une extrémité, un assemblage fragmentaire évoque un large boudin entourant le tuyau. Pour autant qu'on puisse en juger, le périmètre intérieur du tuyau reste inchangé, soit ni resserré ni évasé.

Dimensions, poids

Long. conservée 200 mm, périmètre int. env. 155 mm (reconstitué), 3'082,1 g.

Contexte de découverte

Théâtre, dans une couche remaniée.

Datation de l'ensemble stratigraphique

Ier-début du IIe s. ap. J.-C.

Commentaires

Le fait que l'extrémité du tuyau ne soit ni resserrée ni évasée témoigne vraisemblablement d'un «nœud flamand» d'aspect non conventionnel. Toutefois, nous ne pouvons pas totalement exclure l'hypothèse d'un emboîtement où l'un des tuyaux aurait une extrémité resserrée tandis que l'autre resterait non modifiée.

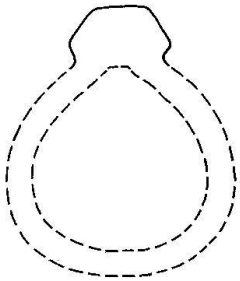


Fig. 11

Avenches, théâtre. Tuyau n° 4. Section restituée à l'échelle 1:2.

Fig. 12

Avenches, théâtre. Tuyau n° 4. Détail de l'assemblage.

5. Tuyau *fig. 13-14*

Inv. 08/13237-1.

Typologie

Tuyau: Cochet 2000, type I A.

Description

Tuyau fragmentaire et écrasé. Cordon de soudure de section trapézoïdale. Une des extrémités est partiellement coupée. Près de l'autre extrémité, réparation d'une fissure verticale: une fine couche, probablement un alliage de plomb et d'étain, forme une bande de 30 à 45 mm de largeur appliquée sur les flancs et le cordon de soudure.

Dimensions, poids

Long. conservée 255 mm, périmètre int. 175 mm, 2'677,45 g.

Contexte de découverte

Insula 3. Fouilles de la centrale du thermoréseau. Dans la cour de la *domus*, dans un niveau de démolition.

Datation de l'ensemble stratigraphique

150-250 ap. J.-C. (matériel céramique peu abondant, mais assez homogène).

Commentaires
Cette réparation diffère des deux autres mises en évidence à Avenches. Il ne s'agit pas de métal formant une masse bombée sur un flanc. Au contraire, la couche est très fine. De plus, elle couvre une grande surface, sur les deux flancs et le cordon de soudure.

Le périmètre intérieur de ce tuyau correspond très exactement à celui d'un *duodenaria* selon les normes de Frontin (174,4 mm). Par contre, il ne s'inscrit pas dans les dimensions standardisées données par Vitruve[72].

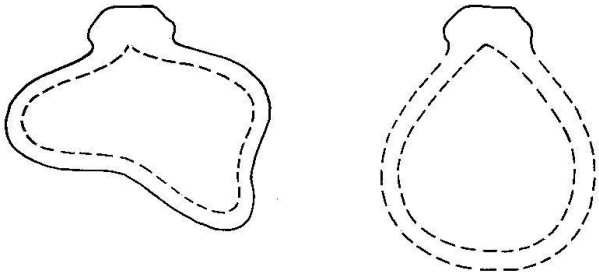


Fig. 13
Avenches, insula *3. Tuyau n° 5. La section de gauche est celle du tuyau déformé, celle de droite est reconstituée (échelle 1:2).*

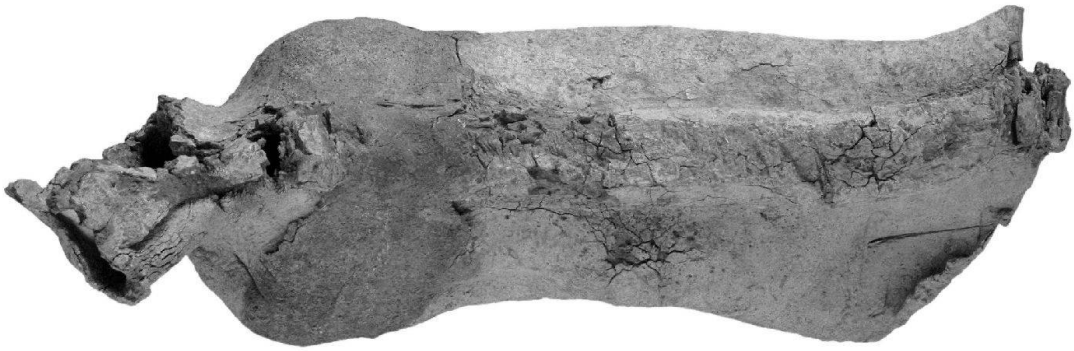


Fig. 14
Avenches, insula *3. Tuyau n° 5. Détail de la réparation.*

6. Tuyau *fig. 15-16*

Inv. X/3147.
Typologie
Tuyau: Cochet 2000, type I E?
Assemblage: Cochet 2000, type SE.E.1 ou jonction en olive.

Description
Section piriforme. Apparemment cordon de soudure de section triangulaire. Tuyau légèrement rétréci pour l'emboîtement. À une extrémité, assemblage fragmentaire, apparemment constitué d'une soudure à l'étain façonnée en nœud par-dessus un emboîtement.
Dimensions, poids
Long. conservée 89 mm, périmètre int. 114 mm, 849,50 g.

72 Le module de Vitruve le plus proche est le *denaria* (périmètre de 185 mm). La différence n'est cependant que de 10 mm.

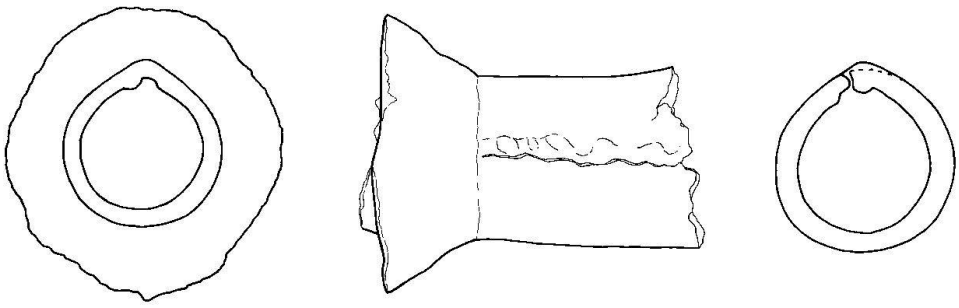


Fig. 15
Avenches. Tuyau n° 6. Échelle 1:2.

Fig. 16
Avenches. Tuyau n° 6.

Contexte de découverte
Avenches, localisation non précisée.

Commentaires
Avec un périmètre intérieur de 114 mm, ce tuyau pourrait être un *octonaria* si nous nous référons aux normes transcrites par Frontin (périmètre de 116,3 mm) ou un *senaria* si nous adoptons celles de Vitruve (périmètre de 111 mm)[73].

7. Tuyau? *fig. 17*

Inv. 03/12108-3

Typologie
Tuyau: Cochet 2000, type I E.

Description
Fragment aplati de la partie supérieure d'un tuyau. Apparemment cordon de soudure de section triangulaire. Traces de calcaire à l'intérieur.

Dimensions, poids
Long. conservée 66 mm, 230,60 g.

Contexte de découverte
Conches Dessus, travaux d'améliorations foncières, tranchée A. Voirie, à l'entrée ouest du *forum* sur le *decumanus maximus*. Dans la fosse d'implantation de la canalisation en bois st 52.

Datation de l'ensemble stratigraphique
IIe-IIIe s., selon le mobilier céramique; 46 ap. J.-C., *terminus post quem* donné sous réserves par la dendrochronologie.

Commentaires
Ce fragment de tuyau constitue un mobilier résiduel antérieur à l'implantation de la canalisation en bois et pourrait donc dater de la première moitié du Ier s. ap. J.-C.

Fig. 17
Avenches, à l'entrée ouest du forum. *Tuyau? n° 7.*

73 Le *senaria* n'est cependant pas expressément cité dans les exemples de standards donnés par Vitruve.

8. Tuyau *fig. 18*

Inv. X/3268.

Typologie

Tuyau: Cochet 2000, type II.

Description

Tuyau de section vraisemblablement piriforme. Apparemment soudure au sommet en pointe. Les extrémités de ce fragment ont été refermées et les flancs percés de deux trous. Ces déformations sont antiques; seule une des marques superficielles a été réalisée lors de la découverte.

Dimensions, poids

Long. conservée 170 mm, périmètre int. env. 120 mm (reconstitué), 1'633,5 g.

Contexte de découverte

Avenches, localisation non précisée.

Commentaires

Un coup de pioche ou de *dolobra* a percé ce fragment de tuyau. C'est ainsi que nos interprétons le trou carré percé dans le flanc, complété par l'empreinte d'une pointe, à l'intérieur de la canalisation et sur le flanc opposé. L'angle entre ces deux marques témoigne d'une percussion lancée.

Le périmètre intérieur de ce tuyau est relativement proche de celui des *octonaria* de Frontin (116,3 mm), mais ne s'inscrit pas dans les normes transcrites par Vitruve.

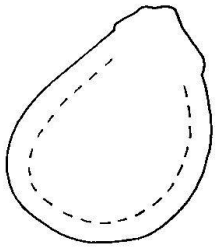


Fig. 18

Avenches. Tuyau n° 8. Section à l'échelle 1:2.

9. Tuyau *fig. 19*

Inv. 97/10301-3.

Typologie

Tuyau: Cochet 2000, type II.

Description

Section piriforme à triangulaire. Soudure au sommet en pointe. Tuyau apparemment coupé en biais à une extrémité et fragmentaire à l'autre.

Dimensions, poids

Long. conservée 184 mm, périmètre int. 90 mm, 1'111,10 g.

Contexte de découverte

En Selley, insula 56.

Datation de l'ensemble stratigraphique

IVe s. ap. J.-C.

Référence bibliographique

Duvauchelle 1999, p. 143, 1.

Commentaires

Ce tuyau est d'un module légèrement supérieur au *senaria* de Frontin (87,2 mm) et légèrement inférieur au *quinaria* de Vitruve (92,5 mm).

Ce fragment a été mis au jour dans le local 3, à la base de la couche de démolition recouvrant les foyers st 15 et st 10. Il s'agit d'un local où des plombiers ont exercé leur activité au IVe s. ap. J.-C.[74]. Ce fragment, coupé dans l'Antiquité, doit vraisemblablement être considéré comme un témoin de l'activité de récupération et de recyclage pratiquées par ces artisans.

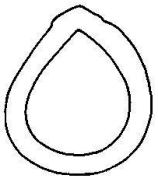


Fig. 19

Avenches, En Selley. *Tuyau n° 9. Section à l'échelle 1:2.*

74 Blanc *et al.* 1999b, p. 28-36.

10. Tuyau *fig. 20*

Inv. 1900/3169.

Typologie

Tuyau: Cochet 2000, type II.

Description

Section piriforme. Soudure au sommet en pointe. Une couche calcaire de 2,5 à 3,5 mm d'épaisseur est conservée à l'intérieur. Les extrémités du fragment ont été sciées lors du prélèvement.

Dimensions, poids

Long. conservée 98 mm, périmètre int. 185 mm, 1'301,3 g.

Contexte de découverte

Théâtre.

Commentaires

Ce tuyau correspond exactement à un *denaria* de Vitruve (185 mm).

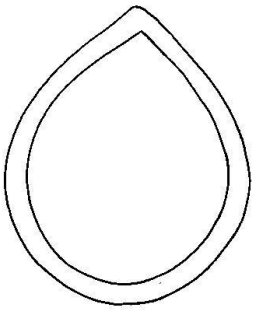


Fig. 20

Avenches, théâtre. Tuyau n° 10. Section à l'échelle 1:2.

11. Tuyau *fig. 21*

Inv. X/3282.

Typologie

Tuyau: Cochet 2000, type II.

Description

Section piriforme. Soudure au sommet en pointe. Une couche de calcaire d'env. 2,5 mm d'épaisseur, aujourd'hui décollée, est conservée dans le tuyau. Les extrémités ont été sciées lors du prélèvement.

Dimensions, poids

Long. conservée 106 mm, périmètre int. 188 mm, 1'303,3 g.

Contexte de découverte

Avenches, localisation non précisée.

Commentaires

Le périmètre intérieur de ce tuyau est légèrement supérieur à celui d'un *denaria* de Vitruve (185 mm).

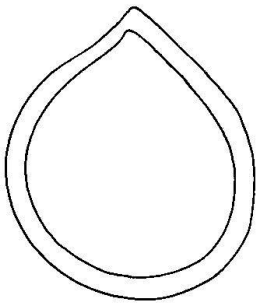


Fig. 21

Avenches. Tuyau n° 11. Section à l'échelle 1:2.

12. Tuyau *fig. 22*

Inv. X/573.

Typologie

Tuyau: Cochet 2000, type II.

Description

Section piriforme. Soudure au sommet en pointe. Une, voire les deux extrémités sont coupées. L'une d'elles est également déformée. Des fissures verticales sont visibles sur un flanc. Il nous est cependant impossible de préciser si elles sont antiques.

Dimensions, poids

Long. conservée 475 mm, périmètre int. 106 mm, 3'300 g.

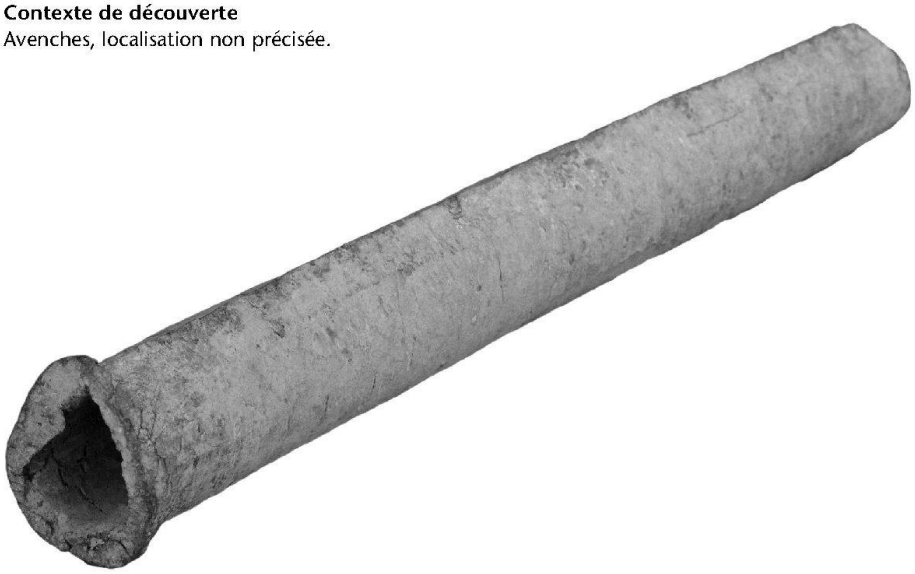
Contexte de découverte

Avenches, localisation non précisée.

Commentaires

Les fissures ne semblent pas avoir été réparées. Cependant, une réparation avec un alliage de plomb et d'étain peut disparaître complètement sous l'effet de la corrosion.

Le périmètre intérieur de ce tuyau se situe exactement entre l'*octonaria* de Frontin (101,8 mm) et le *senaria* de Vitruve (111 mm)[75] et pourrait être assimilé à l'un ou l'autre de ces standards.



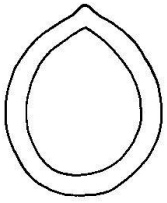


Fig. 22

Avenches. Tuyau n° 12. Section à l'échelle 1:2.

13. Tuyau *fig. 23*

Inv. 03/12488-5.

Typologie

Tuyau: Cochet 2000, type II.

Description

Section piriforme. Soudure au sommet en pointe.

Dimensions, poids

Long. conservée 187 mm, périmètre int. 79 mm, 1'101,3 g.

Contexte de découverte

Fouilles «thermoréseau», carrés O-P 9, *domus* au nord des *insulae* 3 et 4. Dans le comblement d'une canalisation à l'extérieur de la *domus*.

Datation de l'ensemble stratigraphique

2e moitié du Ier-IIe/IIIe s. ap. J.-C.

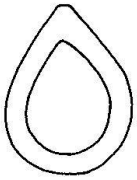


Fig. 23

Avenches, domus *au nord des* insulae *3 et 4. Tuyau n° 13. Section à l'échelle 1:2.*

75 Rappelons cependant que le *senaria* n'est pas intégré à la liste des exemples de tuyaux aux dimensions standardisées donnée par Vitruve.

14. Tuyau *fig. 24*

Inv. 05/13846-1.

Typologie

Tuyau: Cochet 2000, type II.

Description

Fragment déformé, avec une extrémité repliée. Section piriforme. Soudure au sommet en pointe. Une couche de calcaire est conservée à l'intérieur. On peut voir diverses marques effectuées aussi bien à l'époque romaine (empreinte d'un coup, fissures, déchirure) que moderne.

Dimensions, poids

Long. conservée 540 mm, périmètre int. 110 mm, 3'400 g.

Contexte de découverte

Cardo entre les *insulae* 13 et 14.

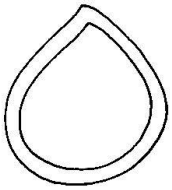
Datation de l'ensemble stratigraphique

Indéterminée (pas de mobilier datant).

Commentaires

La déformation de ce fragment, en particulier son extrémité repliée, est apparemment à dater de l'époque romaine.

Son périmètre intérieur est très proche du *senaria* de Vitruve (111 mm)[76].



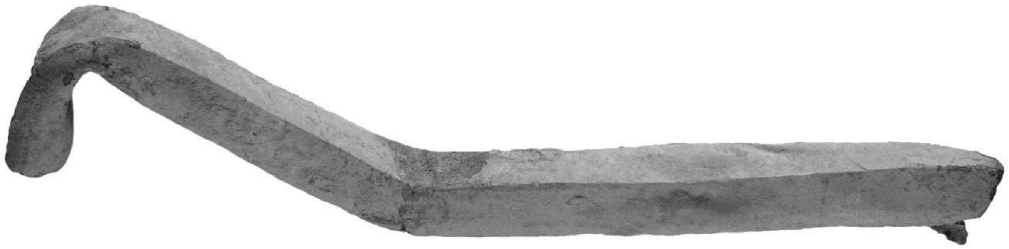


Fig. 24

Avenches, cardo *entre les* insulae *13 et 14. Tuyau n° 14. Section à l'échelle 1:2.*

15. Tuyau *fig. 25*

Inv. 1894/2765.

Typologie

Tuyau: Cochet 2000, type II.

Description

Section piriforme. Soudure au sommet en pointe. Une extrémité a été sciée lors du prélèvement. Les fissures et déchirures visibles semblent avoir été provoquées par une pioche.

Dimensions, poids

Long. conservée 365 mm, périmètre int. 108 mm, 2'692,8 g.

Contexte de découverte

Avenches, localisation non précisée.

Commentaires

La notice du catalogue Troyon pour ce numéro d'inventaire est la suivante: «*Tuyau en plomb, plus deux fragments.*» Un second fragment de tuyau, morphologiquement proche, était entreposé avec ce tuyau. Il se pourrait qu'il corresponde à un des deux fragments mentionnés par Troyon, mais aucun élément ne permet de l'affirmer. En fait, il n'est même pas certain que les deux fragments mentionnés proviennent d'un tuyau. C'est pourquoi nous avons attribué un nouveau numéro d'inventaire à ce second fragment de tuyau (inv. X/3291; n° 16).

Le périmètre intérieur de ce tuyau est légèrement inférieur à celui d'un *senaria* selon les normes transcrites par Vitruve (111 mm)[77].

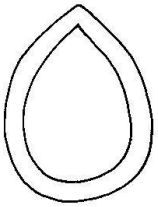


Fig. 25

Avenches. Tuyau n° 15. Section à l'échelle 1:2.

76 Quoique non mentionné par Vitruve, le *senaria* constituait vraisemblablement un des tuyaux aux dimensions standardisées du début de notre ère.

77 Concernant le *senaria* chez Vitruve, *cf. supra*, p. 5-6.

16. Tuyau *fig. 26-27*

Inv. X/3291.

Typologie

Tuyau: Cochet 2000, type II.

Description

Section piriforme. Soudure au sommet légèrement aplati. L'extrémité conservée s'élargit un peu sur une longueur d'environ 50 mm, avant de former une bride fragmentaire de faible largeur. La soudure a semble-t-il été reprise à cette extrémité, peut-être suite à des dommages provoqués par la création de la bride. L'autre extrémité, peut-être coupée à l'époque romaine, présente une soudure fissurée au sommet, typique du type II.

Dimensions, poids

Long. conservée 285 mm, périmètre int. 110 mm, 2'325,50 g.

Contexte de découverte

Avenches, localisation non précisée.

Commentaires

Selon A. Cochet, les plombiers romains choisissaient des tuyaux de type I lorsqu'ils devaient façonner une bride. En effet, leur cordon de soudure offrait plus de matière pour le martelage[78]. Au contraire, ce tuyau d'*Aventicum* est de type II. La probable reprise de la soudure à l'approche de la bride pourrait être un indice de la difficulté technique de cette opération.

Ancienne découverte, ce tuyau apporte peu de renseignements sur l'assemblage dont il était une des composantes et par conséquent sur la structure complémentaire (pas de traces de soudure p. ex.). Il est toutefois envisageable que la soudure fissurée à une extrémité et reprise à l'autre, ait incité les plombiers à ne pas utiliser ce fragment de tuyau et à le couper de suite.

Son périmètre intérieur est très proche du *senaria* de Vitruve (111 mm)[79].

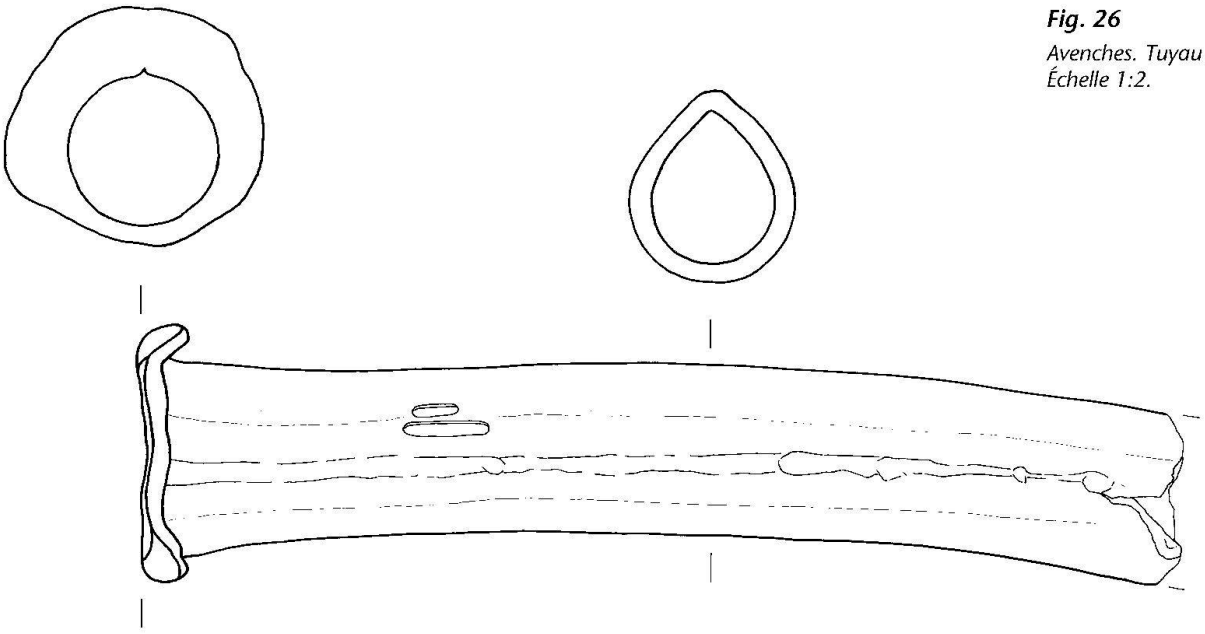


Fig. 26

Avenches. Tuyau n° 16. Échelle 1:2.

Fig. 27

Avenches. Tuyau n° 16.

78 Cochet 2000, p. 69-70.

79 Au sujet des *senaria*, absents de la liste de tuyaux donnée par Vitruve, *cf. supra*, p. 5-6.

17. Tuyau *fig. 28-29*

Inv. 03/11682-1.

Typologie

Tuyau: Cochet 2000, type II.

Description

Section piriforme déformée. Soudure au sommet aplati. Tuyau coupé à une extrémité et doté d'une bride martelée à l'autre. Traces de mortier sur la bride, mais également sur l'extrémité coupée.

Dimensions, poids

Long. 31 mm, diam. de la bride 58-73 mm, périmètre int. env. 102 mm (reconstitué), 336,58 g.

Contexte de découverte

Carrefour du *cardo* à l'ouest du *forum* et du *decumanus* passant entre les *insulae* 27 et 33.

Datation de l'ensemble stratigraphique

2e moitié du Ier s. (dès 70) + 3 fragments de céramique des IIe-IIIe s. ap. J.-C.

Commentaires

Il s'agit de l'extrémité d'une conduite coupée à l'époque romaine après quelques centimètres. Les traces de mortier visibles sur la bride pourraient témoigner d'une installation préalable dans une maçonnerie, un mur par exemple[80], avant une réfection nécessitant une élimination de ladite bride. Cependant, on peut également voir sur l'extrémité coupée des traces de mortier; celles-ci sont tombées accidentellement, lorsque la bride a été coupée et abandonnée.

Signalons qu'il s'agit d'une des pièces liées à l'hydraulique les plus anciennes d'*Aventicum*: mise au jour dans une couche du Ier s., postérieure à 70 ap. J.-C., la conduite initiale pourrait être datée, s'il s'agit bien d'une réfection, de quelques années auparavant, soit de la première moitié ou du milieu du Ier s., peut-être de l'époque tibérienne, soit de l'époque du premier état du *forum*[81]. Son module correspond assez précisément au *septenaria* de Frontin (périmètre intérieur de 101,8 mm), mais ne s'inscrit pas dans les normes transcrites par Vitruve.

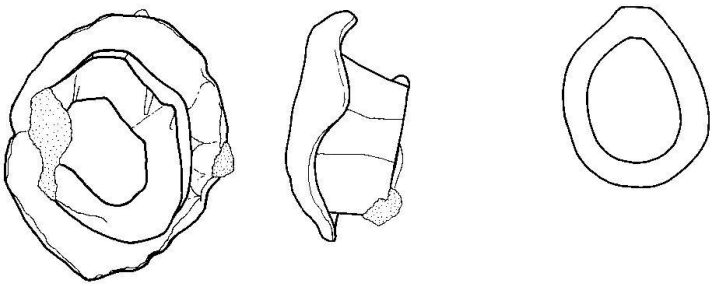


Fig. 28

Avenches, carrefour du cardo *à l'ouest du* forum *et du* decumanus *passant entre les* insulae *27 et 33. Tuyau n° 17. Échelle 1:2.*

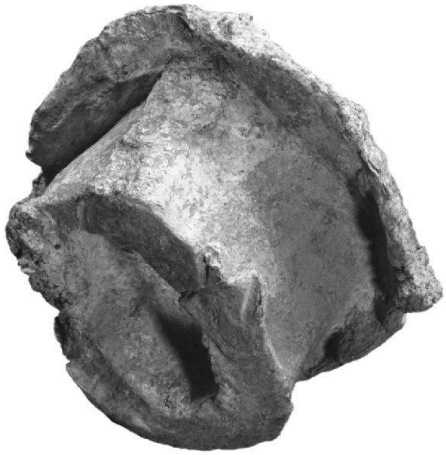


Fig. 29

Avenches, carrefour du cardo *à l'ouest du* forum *et du* decumanus *passant entre les* insulae *27 et 33. Tuyau n° 17.*

80 La maison des Dieux Océans de Saint-Romain-en-Gal F offre un parallèle encore en place: «*Le branchement venant de la conduite située sous la rue a dû être raccordée à un tuyau noyé dans la maçonnerie, sous le seuil de la maison.*» Cochet 2000, p. 70.

81 Bossert/Fuchs 1989, p. 38. La pièce n° 7 est également datée de la première moitié du Ier s.

18. Tuyau *fig. 30-31*

Inv. X/3317.

Typologie

Tuyau: Cochet 2000, type II.

Description

Section apparemment piriforme. Soudure au sommet en pointe. Le tuyau est resserré sur une longueur d'environ 100 mm, avant une extrémité partiellement coupée. La section y devient circulaire et la soudure y est fissurée. L'autre extrémité semble coupée: juste avant, la soudure a lâché et le tuyau «baille» sur environ 80 millimètres.

Dimensions, poids

Long. conservée 260 mm, périmètre int. 140-150 mm, 2'861,8 g.

Contexte de découverte

Avenches, localisation non précisée.

Commentaires

Les différentes observations effectuées témoignent d'une pièce défectueuse et d'une probable réfection antique.

Le plus grand périmètre intérieur mesuré est raisonnablement proche de celui d'un *denaria* de Frontin (normé à 145,4 mm), mais encore plus proche de l'*octonaria* de Vitruve (148 mm).

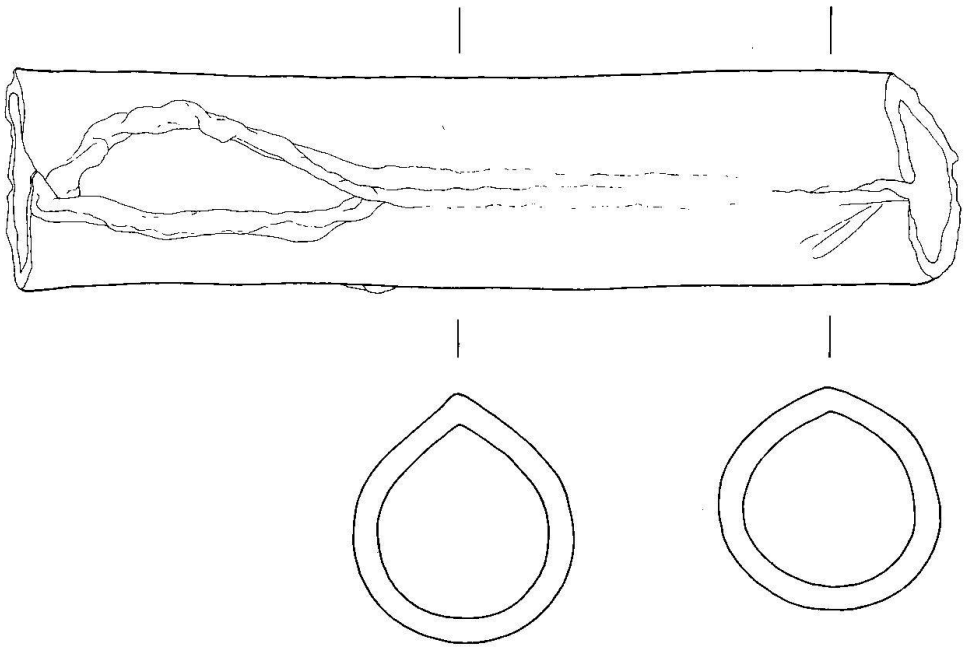


Fig. 30

Avenches. Tuyau n° 18. Échelle 1:2.

Fig. 31

Avenches. Tuyau n° 18.

19. Chute de tuyau *fig. 32-33*

Inv. 93/9391-1.

Typologie

Tuyau: Cochet 2000, type II?

Description

Extrémité coupée, voire sciée, d'un tuyau de section piriforme. Apparemment soudure au sommet en pointe, conservée sur 3 à 6 mm. Sur la vingtaine de millimètres restant, les bords de la feuille s'appuient l'un contre l'autre, mais ne sont pas soudés.

Dimensions, poids

Long. conservée 27 mm, périmètre int. 153 mm, 263,41 g.

Contexte de découverte

Insula 13.

Datation de l'ensemble stratigraphique

70-100/120 ap. J.-C.

Commentaires

Il s'agit vraisemblablement d'une chute, de l'extrémité d'un tuyau trop long, coupé directement sur le chantier lors de l'installation de la conduite. Les marques laissées par la découpe, des stries relativement parallèles, ainsi que le fait que cette surface soit particulièrement plane, pourraient évoquer l'emploi d'une scie.

Avec un périmètre intérieur de 153 mm, ce tuyau est proche des *octonaria* de Vitruve (148 mm).

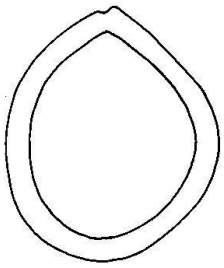


Fig. 32

Avenches, insula *13. Chute de tuyau n° 19. Section à l'échelle 1:2.*

Fig. 33

Avenches, insula *13. Chute de tuyau n° 19. Détail des traces de coupe.*

20. Tuyau *fig. 34-35*

Inv. 1902/3324.

Typologie

Tuyau: Cochet 2000, type II?

Description

Une extrémité fortement resserrée et de section circulaire, est préparée pour un emboîtement. Sa surface fortement marquée, comme striée, témoigne de ce travail de resserrement qui a été effectué sur une courte longueur, soit environ 35 mm. En outre, des traces de soudures, probablement à l'étain, sont encore visibles. L'autre extrémité est coupée et légèrement déformée: elle semble présenter une section piriforme et une soudure au sommet en pointe.

Dimensions, poids

Long. conservée 77 mm, périmètre int. 100 à env. 153 mm (reconstitué), 809,7 g.

Contexte de découverte

Au Lavoëx, champ Favre. Il s'agit probablement des carrés K 15-16.

Référence bibliographique

Mentionné dans Jomini 1903, p. 31.

Commentaires

Les marques visibles sur l'extrémité resserrée du tuyau pourraient correspondre à un travail à la batte, outil en buis permettant de mettre en forme une plaque de plomb.

Le module de ce fragment de tuyau peut être assimilé à un *octonaria* de Vitruve (périmètre intérieur normé à 148 mm).

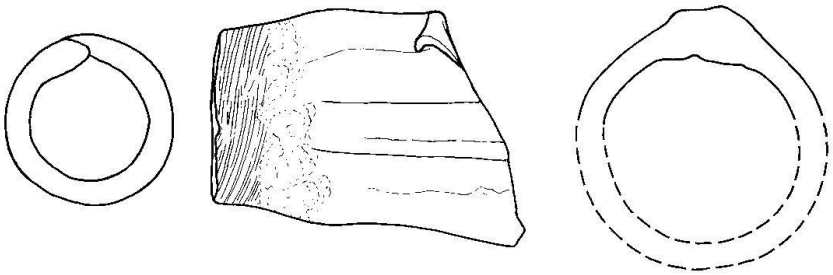


Fig. 34
Avenches, Au Lavoëx. *Tuyau n° 20. Échelle 1:2.*

Fig. 35
Avenches, Au Lavoëx. *Tuyau n° 20.*

21. Tuyau *fig. 36-37*

Inv. 03/11661-4.

Typologie

Tuyau: Cochet 2000, type II.

Assemblage: Cochet 2000, type SE.E.1.

Description

Section piriforme. Soudure au sommet en pointe. Un des tuyaux est resserré afin de s'emboîter dans l'autre qui est apparemment évasé. L'assemblage, partiellement déformé, s'est brisé en son centre. Il est assuré par un nœud de soudure à l'étain, prenant la forme biconique d'une jonction en olive.

Dimensions, poids

Long. conservée 765 mm (tuyau) et 365 mm (fragments avec manchon), périmètre int. 89 mm, 6'200 g.

Contexte de découverte

Forum, cardo entre les *insulae* 33 et 34, dans une couche de démolition générale supérieure remaniée.

Datation de l'ensemble stratigraphique

Ier-IIIe s. ap. J.-C.

Commentaires

Avec un périmètre intérieur de 89 mm, ce tuyau peut être assimilé aussi bien à un *senaria* de Frontin (normé à 87,2 mm) qu'à un *quinaria* de Vitruve (92,5 mm).

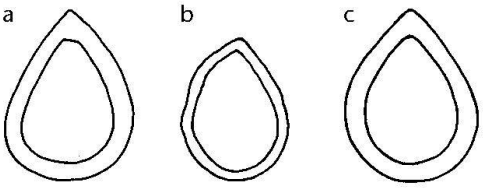
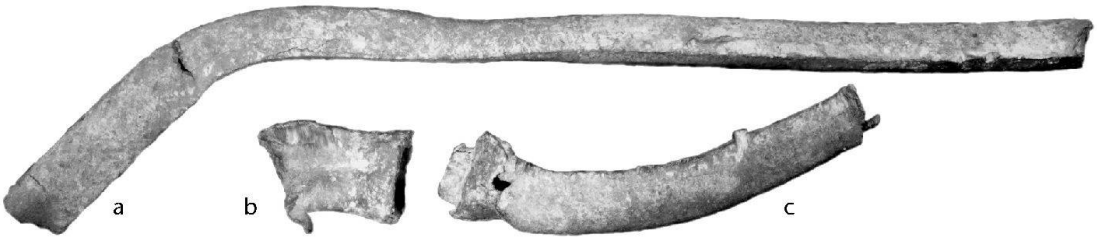


Fig. 36
Avenches, cardo *entre les* insulae *33 et 34. Tuyau n° 21. Les différentes sections (échelle 1:2) ont été relevées sur le long fragment de tuyau (a) et sur les fragments terminés par l'assemblage (b et c).*



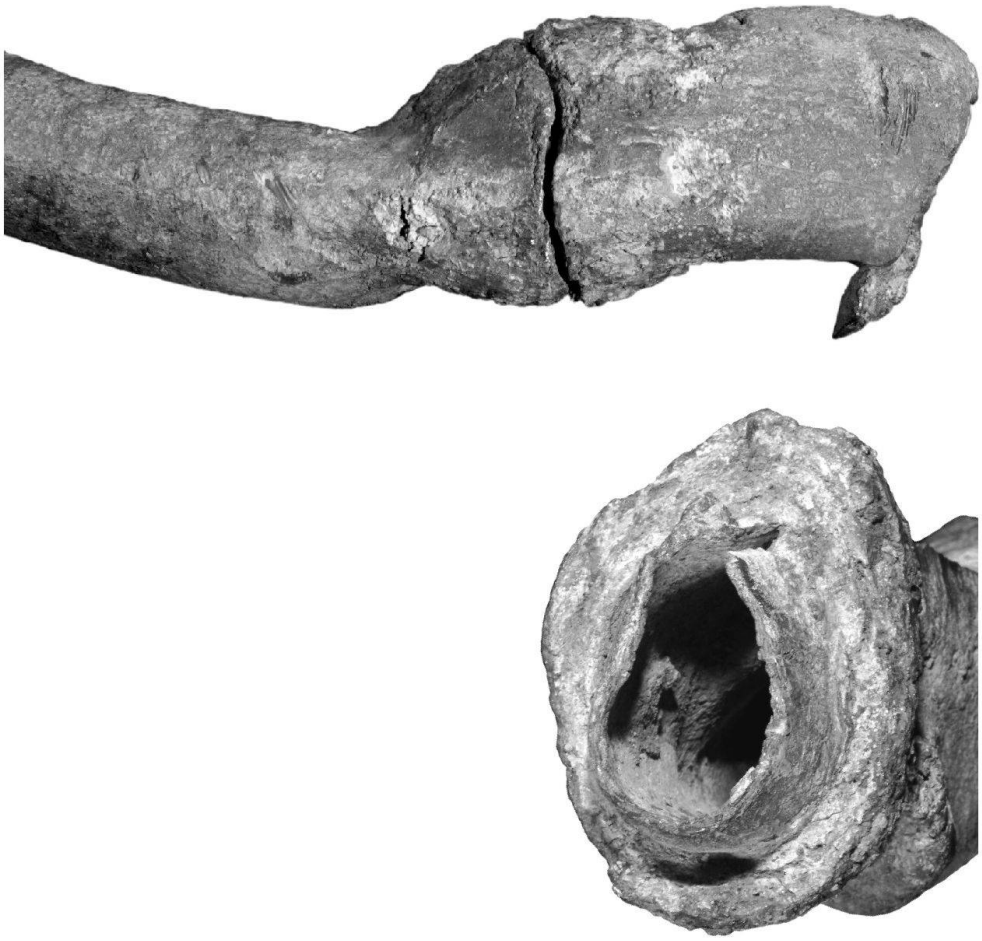


Fig. 37
Avenches, cardo *entre les* insulae *33 et 34. Tuyau n° 21. Détails de l'assemblage.*

22. Tuyau *fig. 38-39*

Inv. 1899/3114.

Typologie

Tuyau: Cochet 2000, type II.

Assemblage: Cochet 2000, type SE.E.1.

Description

Deux tuyaux de section piriforme. Soudure au sommet en pointe. Un assemblage appelé jonction en olive est visible à l'extrémité d'un des fragments. Le tuyau complémentaire, cassé juste après l'assemblage, est resserré pour l'emboîtement.

Dimensions, poids

Long. conservées 1'645 et 1'560 mm, périmètre int. 88-91 et 92 mm, 21'800 g.

Analyses métallographiques

Plomb avec respectivement 10 et 21 ppm d'argent (un prélèvement effectué sur chacun des tuyaux)[82]. Ce plomb se distingue par une teneur en cuivre un peu plus élevée que celle relevée pour les autres pièces avenchoises analysées (respectivement 0,1116 et 0,1553%). *Cf.* fig. 95.

Contexte de découverte

Insula 18, champ Charmey.

Commentaires

À l'approche de l'assemblage, le tuyau conservé présente une nette courbure évoquant un resserrement pour l'emboîtement. En réalité, c'est le tuyau complémentaire, cassé, qui est resserré. La courbure pourrait en fait être un affaissement dû à une chauffe nécessaire lors la création de l'assemblage[83].

Sur le nœud d'assemblage, on peut observer quelques gouttes de plomb solidifiées alors qu'elles s'écoulaient en direction du sommet du tuyau. La conduite était donc installée la soudure vers le bas lors de cette opération. Ces gouttes apparaissent très rapidement lorsqu'un alliage de plomb et d'étain est surchauffé, plus particulièrement si celui-ci a une faible teneur en étain[84].

Ce tuyau est d'un module légèrement supérieur au *senaria* de Frontin (87,2 mm) et légèrement inférieur au *quinaria* de Vitruve (92,5 mm).

82 Analyses effectuées en janvier 1999 à l'aide du spectrographe travaillant sous atmosphère d'argon de l'affinerie Metaleurop de Villefranche sur Saône F, à la demande d'A. Cochet.

83 Un affaissement est également visible sur le tuyau n° 23, au niveau de la réparation.

84 Les soudures ainsi surchauffées sont de moindre qualité. Information orale de J. Cancellier, C. Di Vito et A. Renault, fontainiers au château de Versailles, que nous remercions.

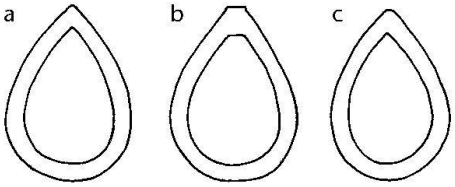


Fig. 38
Avenches, insula *18. Tuyau n° 22. Les différentes sections (échelle 1:2) ont été relevées sur le fragment de tuyau sans assemblage (a) et sur le fragment avec l'assemblage (b près de l'assemblage et c à l'autre extrémité).*

Fig. 39
Avenches, insula *18. Tuyau n° 22. Détail de l'assemblage.*

23. Tuyau *fig. 40-42*

Inv. X/2674.

Typologie
Tuyau: Cochet 2000, type II.
Assemblage: Cochet 2000, type SE.E.1.

Description
Section piriforme. Soudure au sommet en pointe. Tronçon scié lors de son prélèvement. Au centre, assemblage appelé jonction en olive. Près d'une des extrémités, au sommet du tuyau, réparation d'une fissure longitudinale: soudure à l'étain de forme ovale et bombée (environ 50 x 30 mm).

Dimensions, poids
Long. conservée 1'380 mm, périmètre int. 178 mm, 18'900 g.

Analyses métallographiques
Plomb avec respectivement 79 et 112 ppm d'argent (un prélèvement effectué sur chacun des tuyaux)[85]. De manière générale, il a une teneur en éléments traces très faible (cuivre, nickel, argent et arsenic...). *Cf.* fig. 95.

Contexte de découverte
Avenches, localisation non précisée.

Commentaires
Le nœud d'assemblage présente les mêmes gouttes d'étain solidifiées que celles visibles sur la pièce précédente (n° 22).

Le périmètre intérieur mesuré est raisonnablement proche de celui d'un *duodenaria* de Frontin (normé à 174,4 mm), mais ne semble pas s'inscrire dans les normes transcrites par Vitruve.

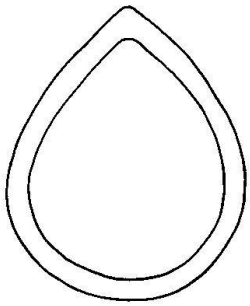


Fig. 40
Avenches. Tuyau n° 23. Section à l'échelle 1:2.

85 Analyses effectuées en janvier 1999 à l'aide du spectrographe travaillant sous atmosphère d'argon de l'affinerie Metaleurop de Villefranche sur Saône F, à la demande d'A. Cochet.

Fig. 41
Avenches. Tuyau n° 23. Détail de l'assemblage.

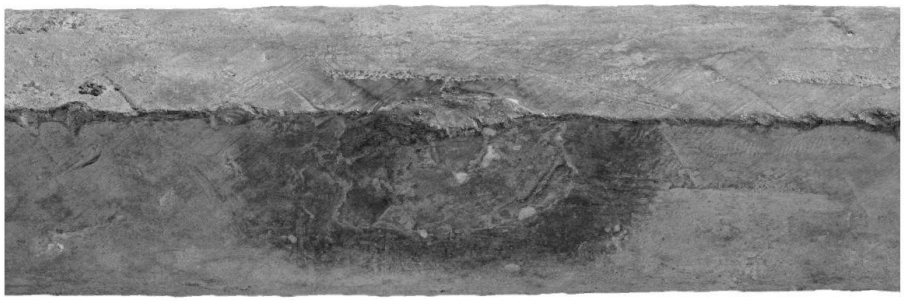
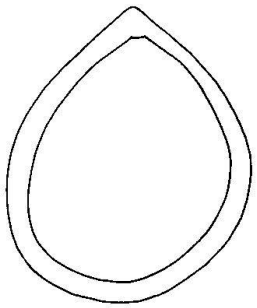


Fig. 42
Avenches. Tuyau n° 23. Détail de la réparation.



24. Tuyau *fig. 43-44*

Inv. X/3316.

Typologie

Tuyau: Cochet 2000, type II.

Description

Section piriforme. Soudure au sommet en pointe. Le tronçon, scié lors de son prélèvement, présente sur un flanc une réparation antique: il s'agit d'une soudure verticale et allongée, appliquée sur une zone d'environ 65 x 50 mm. Couche calcaire d'environ 3 mm d'épaisseur à l'intérieur de la conduite.

Dimensions, poids

Long. conservée 1'095 mm, périmètre int. 185 mm, 14'400 g.

Contexte de découverte

Avenches, localisation non précisée.

Commentaires

Lorsque sur les conduites apparaissait une fissure transversale, les plombiers effectuaient un colmatage à l'aide d'une soudure à l'étain[86]. Cette dernière a habituellement disparu du fait de la mauvaise conservation de l'étain.

Ce tuyau correspond exactement au *denaria* selon les normes transcrites par Vitruve (185 mm).

Fig. 43
Avenches. Tuyau n° 24. Section à l'échelle 1:2.

86 Cochet 2000, p. 76.

Fig. 44
Avenches. Tuyau n° 24. Détail de la réparation.

25. Chute de tuyau *fig. 45-46*

Inv. 90/7831-100.
Typologie
Tuyau: Cochet 2000, type II.
Description
Portion triangulaire d'un tuyau à soudure au sommet en pointe.
Dimensions, poids
Long. 34 mm, 71,32 g.
Contexte de découverte
En Chaplix, en amont du canal. Déblais du sondage sud.
Datation de l'ensemble stratigraphique
50-200/250 ap. J.-C.
Commentaires
Ce type de chute résulte de la découpe du tuyau en vue de la réalisation d'un coude (fig. 6)[87].

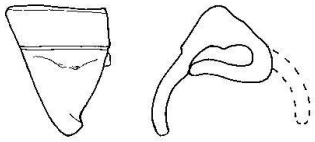


Fig. 45 *(à g.)*
Avenches, En Chaplix. *Chute de tuyau n° 25. Échelle 1:2.*

Fig. 46 *(à dr.)*
Avenches, En Chaplix. *Chute de tuyau n° 25.*

26. Tuyau? *fig. 47*

Inv. 89/8044-1.
Description
Plaque, dont un seul bord est conservé, repliée de telle sorte qu'elle évoque un tuyau. La surface extérieure est striée.
Dimensions, poids
Long. conservée 43 mm, 68,20 g.
Contexte de découverte
Palais de *Derrière la Tour*, aile thermale L-M, dans une couche liée au défournement des chaufferies et au premier abandon.
Datation de l'ensemble stratigraphique
IIIe s. ap. J.-C.
Référence bibliographique
Morel *et al.*, à paraître.
Commentaires
Ce fragment présente une surface marquée, comme striée, rappelant celle visible à l'extrémité du tuyau n° 20, à l'endroit où il est resserré en vue d'un emboîtement. Cette caractéristique, qui nous semble pouvoir être le résultat d'un travail à la batte, ainsi que la forme repliée de cette plaque et son bord conservé, nous incite à y voir également un fragment de l'extrémité resserrée d'un tuyau.

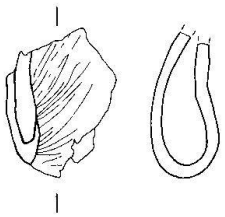


Fig. 47
Avenches, palais de Derrière la Tour. *Tuyau? n° 26.*

87 Cochet 2000, p. 75-79.

Fig. 48
Avenches. Tuyau? n° 27.

27. Tuyau? *fig. 48*
Inv. X/3269.
Description
Plaque fragmentaire, pliée en forme de U.
Dimensions, poids
Long. conservée 85 mm, larg. intérieure 29 mm, 181,67g.
Contexte de découverte
Avenches, localisation non précisée.

Fig. 49
Avenches, insula *20. Tube, tuyau? n° 28.*

28. Tube, tuyau? *fig. 49*
Inv. 96/10065-45.
Description
Tube déformé, aplati. Aucune soudure n'est visible.
Dimensions, poids
Long. conservée 74 mm, 224,96 g.
Contexte de découverte
Insula 20, dans une couche de démolition générale supérieure remaniée.
Datation de l'ensemble stratigraphique
Ier-IIIe s. ap. J.-C. et matériel post-romain.
Commentaires
La romanité de cette pièce paraît douteuse, voire improbable.

29. Tuyau
Inv. CT 1884/1987.
Pièce aujourd'hui introuvable.
Dimensions
Long. 440 mm.
Contexte de découverte
Derrière la Tour. Il s'agit vraisemblablement des thermes de l'aile orientale du palais, carré L 11.
Référence bibliographique
Notice dans le catalogue Troyon.

30. Tuyau
Inv. CT 1897/3024.
Pièce aujourd'hui introuvable.
Contexte de découverte
Près de la gare. Emplacement non localisé.
Référence bibliographique
Notice dans le catalogue Troyon.

31. Tuyau
Inv. CT 1908/4658.
Pièce aujourd'hui introuvable.
Poids
1'500 g.
Contexte de découverte
Avenches. Localisation non précisée.
Référence bibliographique
Notice dans le catalogue Troyon.

32. Tuyau
Inv. BHM 14770.
Pièce aujourd'hui introuvable.
Contexte de découverte
Avenches. Localisation non précisée.

Commentaires
Pièce intégrée aux collections du *Bernisches Historisches Museum*. Sa disparition a été remarquée lors de l'inventaire de 1950.

33. Tuyau *fig. 50*
Sans n° d'inventaire.
Pièce aujourd'hui introuvable.
Contexte de découverte
Derrière la Tour. Aile nord du palais, espace couvert entre la salle d'apparat ornée de la mosaïque de Bacchus et Ariane et la cour. Carré K 10.
Datation du contexte
Début du IIIe s. ap. J.-C.?
Références bibliographiques
Morel *et al.*, à paraître.
Ms. Schmidt 1752, p. 4.
Ms. Ritter 1786, Nr. 28.
Ritter 1788, p. 25.

Commentaires
Lors du dégagement de la mosaïque de Bacchus et Ariane en 1751, une conduite en plomb a été repérée au sud du pavement. Les plans dessinés en 1752 par S. Schmidt et en 1786 par E. Ritter montrent en effet des tuyaux au tracé en chicane[88], se connectant à un énigmatique réseau de conduits en marbre (*Canales Marmorei*) (fig. 50). Ils pourraient correspondre à l'alimentation du bassin octogonal qui orne la salle d'apparat. Sur le même plan, E. Ritter a indiqué un canal au nord du bassin, passant à l'origine sous le pavement et probablement destiné à l'écoulement des eaux[89].

Cette conduite en plomb semble pouvoir être mise en relation avec la phase palatiale, datée du début du IIIe s. ap. J.-C. Cependant, il est possible que la conduite soit plus ancienne, liée par exemple à la salle de réception qui avait été aménagée, dès l'époque flavienne, au même emplacement que la salle de Bacchus et d'Ariane.

Aucun des tuyaux déposés dans les collections du Musée et pour lesquelles nous disposons de quelques informations sur le contexte de découverte ne correspond à cette conduite. Il est cependant peu probable qu'une telle trouvaille (objet de la vie quotidienne, sans caractère artistique et façonné dans un métal commun) ait été conservée à une date aussi ancienne[90]. En effet, les quelques très rares objets mis au jour au XVIIIe s. à Avenches qui nous soient parvenus ont tous une valeur artistique.

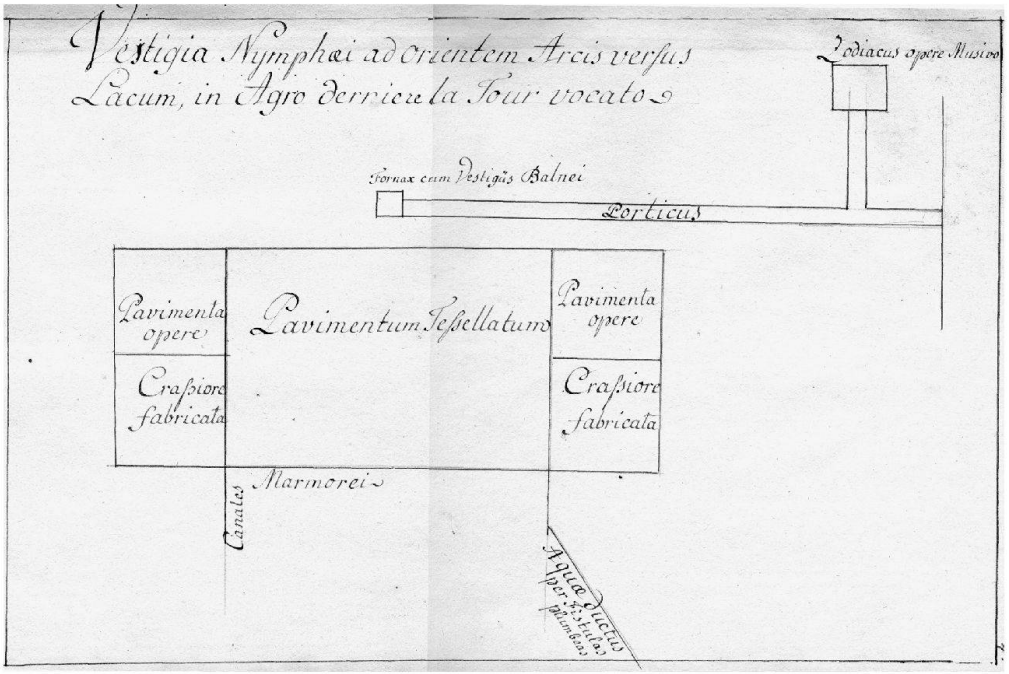
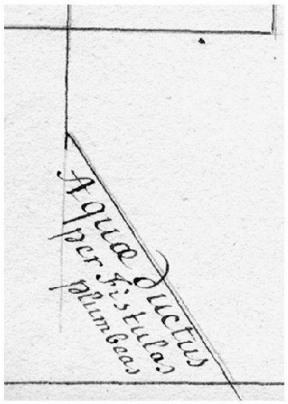


Fig. 50
Avenches, palais de Derrière la Tour. *Plan des vestiges du secteur de la mosaïque de Bacchus et Ariane (*«Pavimentum Tessellatum»*). Tiré de Ms. Schmidt 1752, p. 4.*



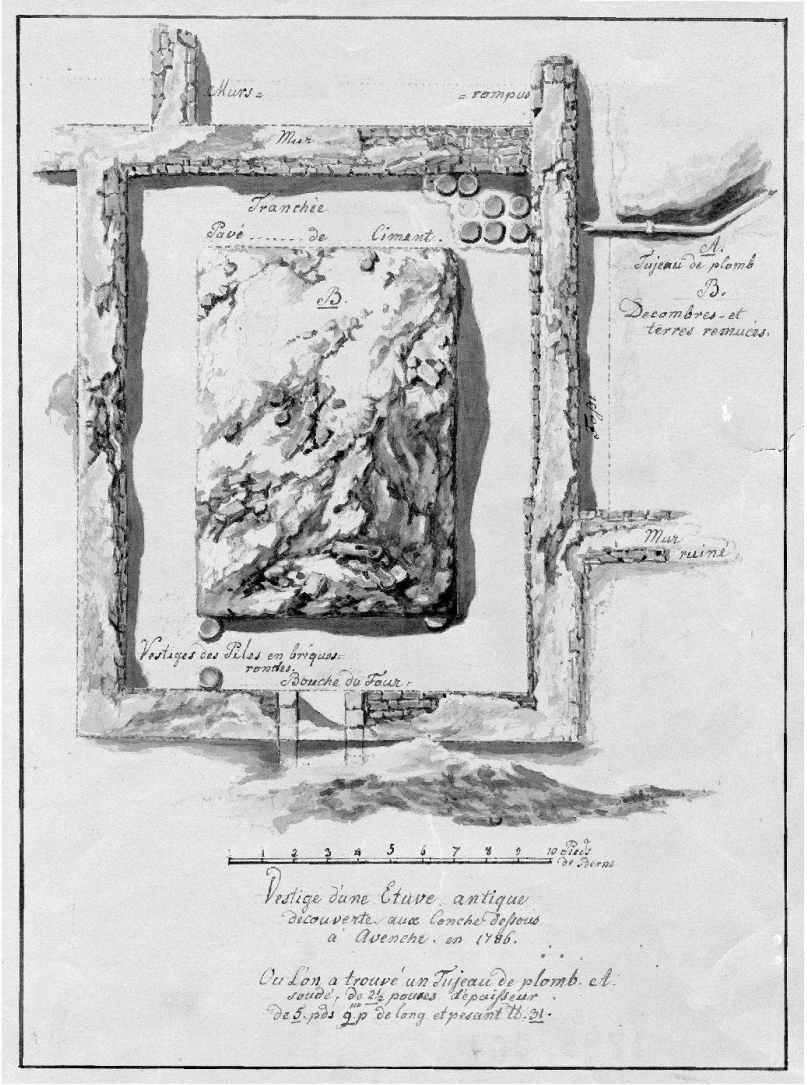
88 Il est à signaler que sur le plan de S. Schmidt, la canalisation en plomb marque un coude vers le nord-ouest, tandis que sur le plan d'E. Ritter, le coude est dirigé vers le nord-est.

89 Les investigations menées en 2003-2004 parlent en effet plutôt en faveur d'un conduit d'écoulement. Soulignons que l'existence de cette tuyauterie sous-jacente n'a pu être observée par E. Ritter qu'après la destruction partielle de la mosaïque (Morel *et al.*, à paraître).

90 Si, contrairement à ce que nous pensons, cette conduite a été conservée, il ne peut s'agir que d'un des tuyaux inventoriés sous X ou de celui intégré aux collections du *Bernisches Historisches Museum*.

Fig. 51

Avenches, Conches Dessous. *Plan d'une pièce thermale, dressé par E. Ritter en 1786. Archives MRA, 1786/001.*



34. Tuyau *fig. 51*

Sans n° d'inventaire.
Pièce aujourd'hui introuvable.

Description

«Tuyau de plomb soudé, de deux pouces et demi de grosseur et de passé cinq pieds en longueur».

Dimensions, poids

Long. du fragment env. 152,464 cm (5 pieds 2 pouces bernois), larg. 7,33 cm (2½ pouces bernois). La mesure du poids indiqué (ll 31) nous est inconnue.

Contexte de découverte

Conches Dessous. Vraisemblablement *insula* 12.

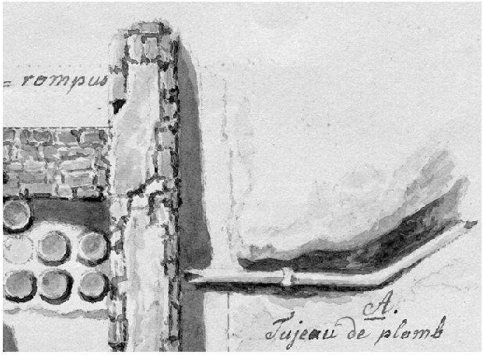
Référence bibliographique

Ritter 1788, p. 31-32.

Commentaires

En 1786, l'architecte E. Ritter découvre, aux *Conches Dessous,* les vestiges d'une pièce à hypocauste attribuée à une installation thermale (fig. 51). Une canalisation en plomb est dégagée dans un angle, à l'extérieur de ladite pièce. Sur le plan, on peut observer, à environ 70 cm du mur, un rectangle que nous interprétons comme un nœud de soudure permettant d'assembler deux tuyaux. Puis, après environ 55 cm, la conduite est coudée.

Comme pour la canalisation mise au jour en 1708 *Derrière la Tour* (n° 33), aucun des tuyaux déposés dans les collections du Musée ne correspond à cette conduite[91].



Les raccords de conduite

35. Raccord de conduite *fig. 52-55*

Inv. 91/9076-1.

Typologie

Tuyau: Cochet 2000, type I A.

Description

Plaque de fixation carrée percée d'une ouverture dans laquelle est introduit, sur environ vingt millimètres, un tuyau de section piriforme. Celui-ci présente un cordon de soudure de section trapézoïdale et sur son extrémité resserrée on observe une surface fortement marquée, comme striée. Un gros cordon de soudure, vraisemblablement à l'étain, étanchéifie la jonction. Inégalement répartis sur le pourtour, sont fichés onze clous en fer, tous à têtes circulaires plates mais de diamètres différents. La tige de deux d'entre eux, plantés sur le bord inférieur de la plaque, conserve dans la corrosion des fibres longitudinales du support en bois.

Dimensions, poids

Long. conservée du tuyau 35 mm, périmètre int. 104-150 mm, dim. conservées de la plaque 200 x 190 mm, 2'456,4 g.

91 Néanmoins, si seul un fragment de cette canalisation était conservé, il ne pourrait s'agir que d'un des tuyaux inventoriés sous X ou de celui intégré aux collections du *Bernisches Historisches Museum.*

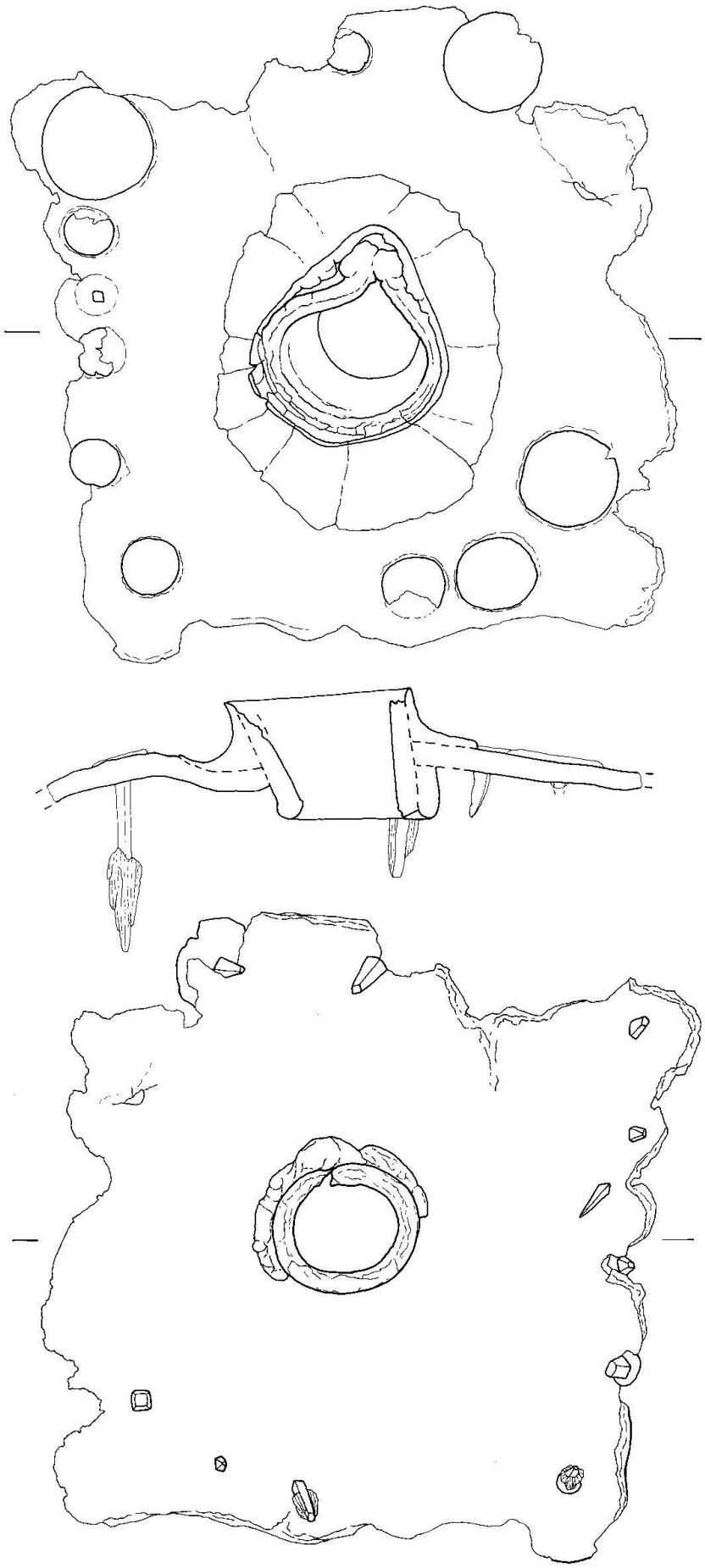


Fig. 52
Avenches, fouilles Prochimie.
Raccord de conduite n° 35.
Échelle 1:2.

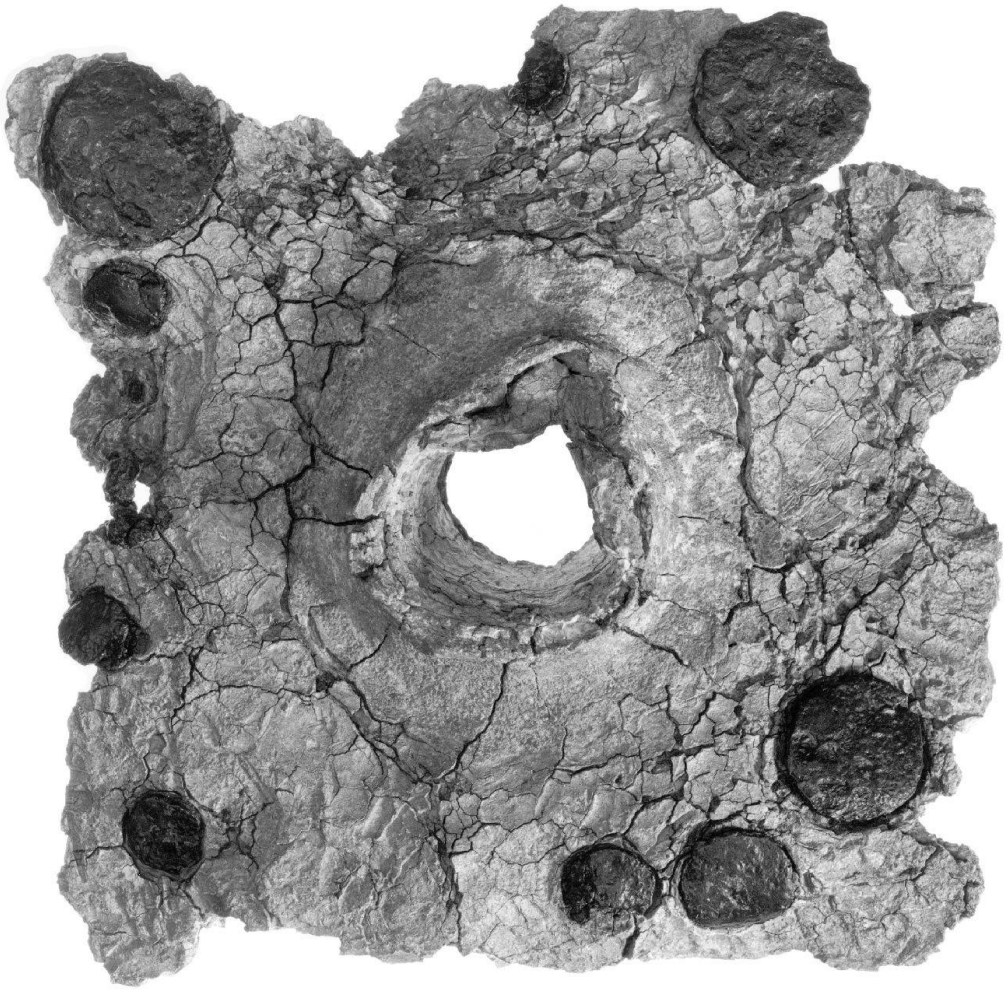


Fig. 53
Avenches, fouilles Prochimie.
Raccord de conduite n° 35.
Face extérieure.

Analyses métallographiques
Plomb provenant vraisemblablement des mines de Siviez en Valais[92]. *Cf.* fig. 94.
Contexte de découverte
Fouilles *Prochimie, Conches Dessous, Aux Prés Laits*, carré T 11.
Datation de l'ensemble stratigraphique
150-200 ap. J.-C.
Références bibliographiques
Blanc *et al.* 1995, p. 31, 96, 102 et 104.

Commentaires
Ce raccord a été mis au jour, avec des fragments d'un petit bassin de calcaire, à proximité immédiate d'une dalle de grès un peu particulière: longue de 105 cm pour 70 de large et 20 cm d'épaisseur, elle est creusée en son centre d'une cavité circulaire de 40 cm de diamètre et profonde de 5 cm. À l'arrière, deux logements profonds de 4 à 5 cm témoignent d'une fixation au moyen d'agrafes. Cette dalle, découverte en place sur un radier de pierres sèches et placée à l'extérieur des constructions fouillées, a été interprétée comme élément d'un bassin ou d'une fontaine. Cependant, bien que ces divers objets semblent tous liés à l'hydraulique, il n'est pas certain que tous aient appartenu à la même structure[93].

Les fibres visibles sur deux des clous indiquent que ceux-ci étaient plantés dans le sens desdites fibres, soit très vraisemblablement dans le chant, à l'extrémité d'une planche[94]. Ces deux clous étant plantés sur le bord inférieur de la plaque, la conduite devait également être fixée sur le bord inférieur du bassin en bois (fig. 55). Dès lors, il s'agit probablement d'une conduite d'écoulement.

Soulignons encore que le plus grand périmètre intérieur mesuré sur le fragment de tuyau est proche de celui des *octonaria* de Vitruve (148 mm), voire des *denaria* de Frontin (145,4 mm). Cependant il est possible que cette mesure ait été prise sur un tuyau déjà partiellement resserré.

92 Analyses isotopiques réalisées par B. Guénette-Beck, dans le cadre de sa thèse: Guénette-Beck 2005, p. 118-119, objet n° 119. *Cf. infra*, fig. 94, p. 60.

93 Blanc *et al.* 1995, p. 31, fig. 24,2.

94 *Cf.* Kaphengst/Rupprecht 1988, p. 202, fig. 8. Ils pourraient également être plantés à l'extrémité d'une conduite en bois, cependant la forme et les dimensions de la plaque nos incitent à délaisser cette hypothèse (*cf.* Cochet 2000, p. 75 et 80). Concernant l'interprétation des sens des fibres de bois sur les clous, en l'occurrence ayant permis d'assembler des cercueils, *cf.* Ratel *et al.* 1977.

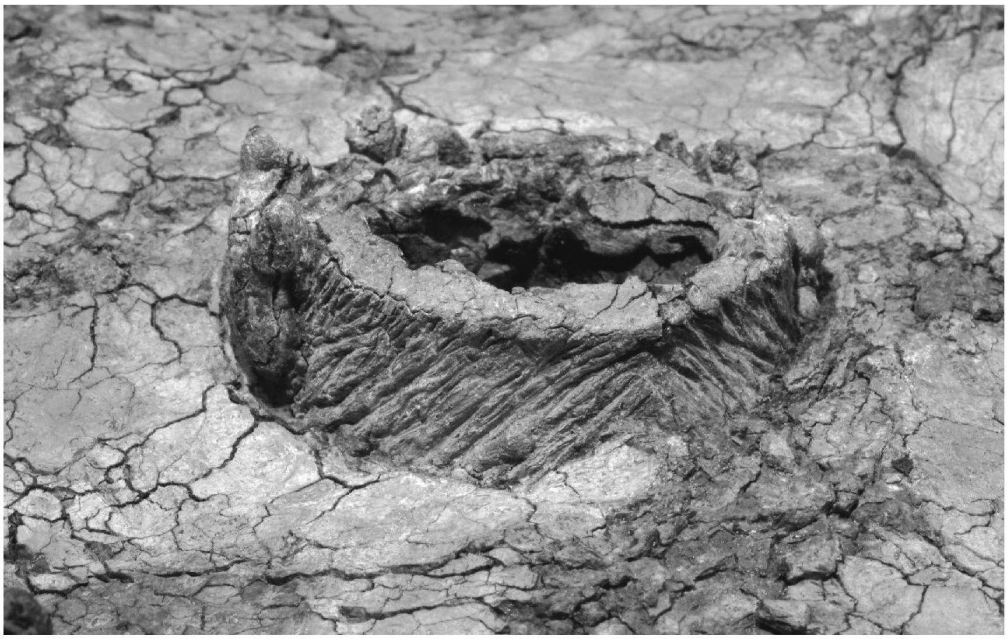


Fig. 54
Avenches, fouilles Prochimie. *Raccord de conduite n° 35. Détail de l'extrémité resserrée du tuyau, sur la face intérieure.*

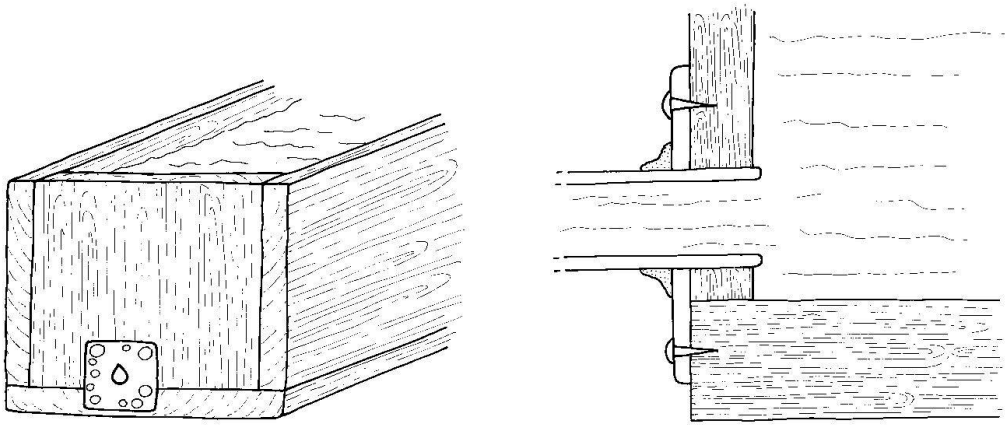


Fig. 55
Avenches, fouilles Prochimie. *Reconstitution de la conduite n° 35 raccordée à un bassin.*

36. Raccord de conduite *fig. 56*

Inv. 70/7677a.

Description

Plaque fragmentaire et fortement endommagée. Elle semble néanmoins s'inscrire à l'origine dans un quadrilatère, être percée d'une ouverture arrondie et bordée d'un cordon de soudure. Cette ouverture présente un décrochement qui pourrait être l'empreinte du cordon de soudure (de section carrée ou trapézoïdale?) du tuyau qui à l'origine y était introduit. Trois trous carrés, bordés d'une empreinte plus ou circulaire, témoignent de la fixation de cette plaque à l'aide de clous en fer. La plaque ainsi qu'apparemment le cordon de soudure sont coupés sur le bord droit.

Dimensions, poids

Long. conservée 170 mm, diam. du trou pour le tuyau env. 70 mm, 799,88 g.

Contexte de découverte

Insula 10 Est, maison centrale.

Datation de l'ensemble stratigraphique

IIe-IIIe s. ap. J.-C.

Références bibliographiques

Fuchs 2003, p. 262.

Commentaires

Cet objet provient d'une couche de remblai dans la cour L4b[95]. L'espace adjacent L4a est interprété par M. Fuchs comme un jardin utilitaire, éventuellement un potager, vraisemblablement aménagé à l'arrière d'une auberge. Dans cet espace était installé un bassin en grès[96]. La mise en place du remblai est cependant postérieure au début de l'activité de l'auberge.

Mal conservé, le raccord de conduite, n'apporte que peu d'informations concernant son

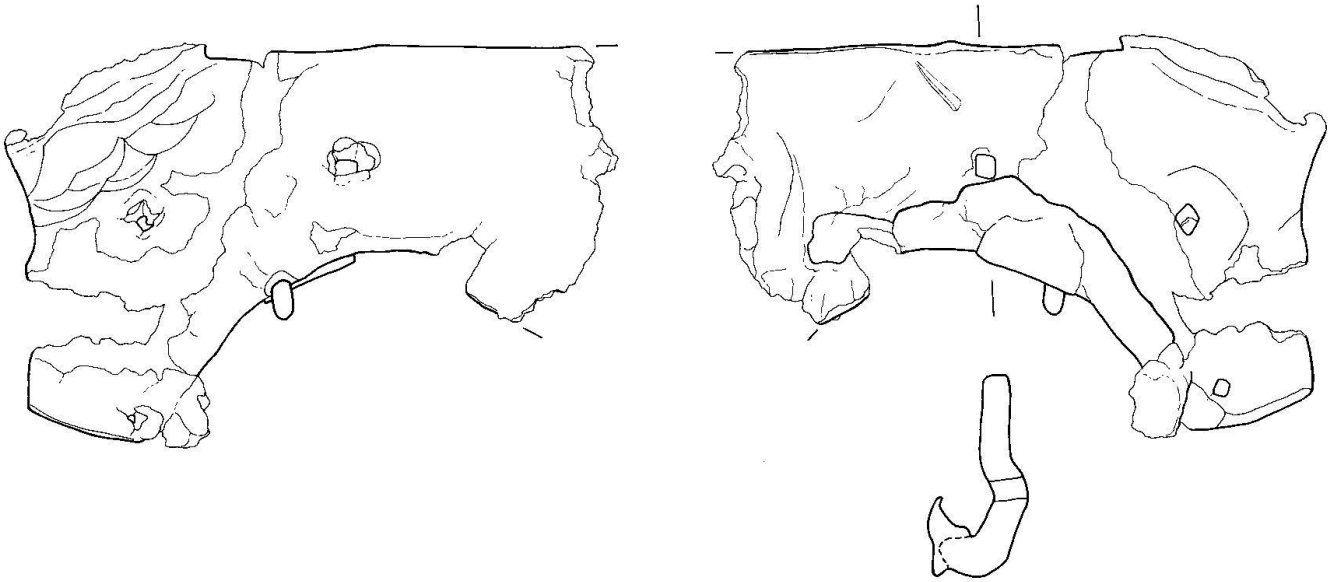
95 Cette couche de remblai touchait également la pièce L12 adjacente. Cependant, le mobilier artisanal provenant du reste de la cour (L4a) indiquerait plutôt cette provenance.

96 Fuchs 2003, p. 257 et 268-269.

support. Cependant, les trous carrés bordés d'une empreinte plus ou moins circulaire, témoignent d'un clouage. Les dimensions desdits trous (6-7,2 mm) laissent supposer des clous d'une longueur moyenne de 90 à 110 mm[97]. Ce mode de fixation évoque un support en bois, probablement un bassin.

Ledit bassin n'était pas nécessairement installé dans la cour L4 (a ou b). En effet, un bassin en grès y est déjà attesté. De plus, les traces de découpe visibles sur le raccord de conduite témoigneraient d'une action de récupération, peut-être liée à un atelier coulant des bronzes au plomb. D'autres découvertes ont en effet conduit M. Fuchs à écrire que «*tout indique l'existence dans le secteur d'un atelier consacré à la fabrication de petits objets en bronze récupéré*»[98]. Cependant et même si l'emplacement originel du bassin en bois ne peut être localisé, nous ne manquerons pas de relever qu'une auberge, vraisemblablement une *caupona* accueillant des voyageurs et leurs montures, devait disposer de plusieurs points d'eau. La présence de deux bassins, destinés à des usages différents, par exemple pour le jardin et les chevaux, ne surprendrait donc pas.

Fig. 56
Avenches, insula *10 Est. Raccord de conduite n° 36. Échelle 1:2.*



Les récipients, chaudières, réservoirs, bassins ou cuves

37. Chaudière?

Inv. CT 1903/3811.
Pièce aujourd'hui introuvable.
Description
Bord d'une grande chaudière en plomb et nombreux fragments pesant plus de 20 kg.

Contexte de découverte
À la Conchette, insula 21.
Références bibliographiques
Notice dans le catalogue Troyon.
Mentionné dans Jomini 1907, p. 31.

38. Réservoir? *fig. 57-65*

Inv. 1837/416.
Description
Sept fragments conservés. Cuve cylindrique formée de deux plaques: les soudures sont renforcées par deux bandes verticales. Une autre bande renforce le bas de la cuve: celle-ci est cependant interrompue au niveau des bandes verticales et du siège de clapet. Le fond de cette cuve est constitué d'une grande plaque circulaire. Elle repose sur un cercle formé d'une bande et sur un bouton central. À la base de la cuve, la plaque de la paroi a été découpée pour y fixer un siège de clapet en bronze, bordé de deux œillères proéminentes et percées d'une lumière rectangulaire; l'une d'elles est gravée de trois traits parallèles. Le sommet de la cuve n'est pas conservé.

97 Schaltenbrand Obrecht 1995.
98 Fuchs 2003, p. 318.

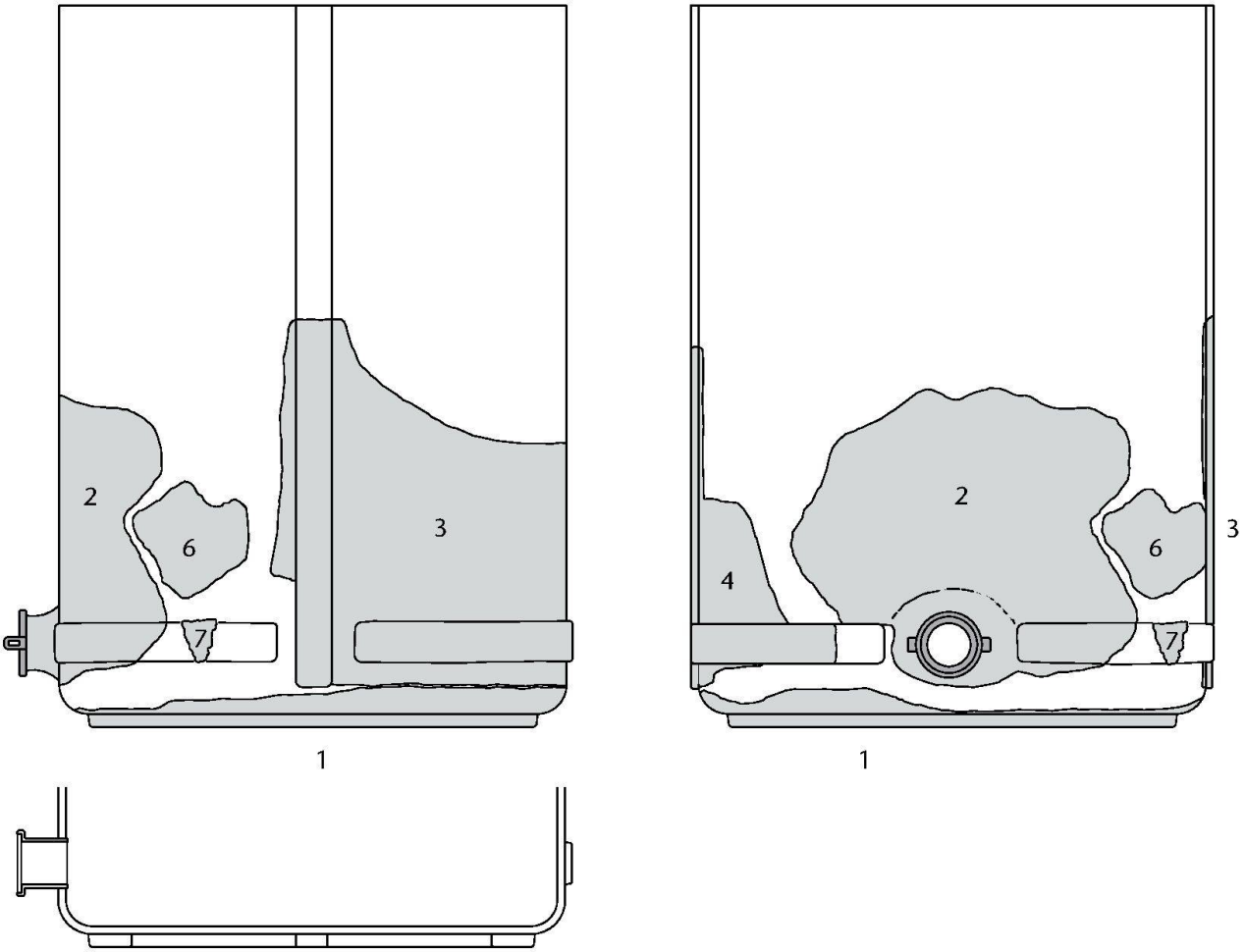


Fig. 57
Avenches, Prés de Prilaz. *Reconstitution du réservoir n° 38. Échelle 1:10.*

Dimensions, poids
Diam. int. 620-630 mm, haut. min. 600 mm, ép. plaque 7-10 mm, diam. int. du siège de clapet 61 mm. 140'000 g.

Analyses métallographiques
Plomb avec 67 ppm d'argent[99]. Il s'agit d'un métal moyennement pur à environ 99,4% de plomb. La plus grande partie des impuretés est formée d'étain et d'antimoine (en moyenne 0,4%) et accessoirement de cuivre, d'argent, d'arsenic et de bismuth. *Cf.* fig. 95.

Contexte de découverte
Vraisemblablement aux *Prés de Prilaz*[100]. *Forum.* Le préfet Fornallaz y possédait deux parcelles: la première est à cheval sur les *insulae* 40 et 34, tandis que la seconde s'étend sur les *insulae* 34, 28 et 22.

Référence bibliographique
Bursian 1868, pl. IV, 2.

Commentaires
Cette pièce est la plus grande jamais découverte à Avenches. Elle est cependant incomplète, ayant manifestement été l'objet d'un démontage et d'une probable récupération. Des traces de découpe au ciseau, dont le tranchant mesurait 65 mm de longueur[101], sont visibles sur un des fragments. Le septième fragment est conservé au Service archéologique de l'État de Fribourg. Bien qu'il ne soit jointif avec aucun des fragments conservés au MRA, il provient sans conteste de la bande de renfort horizontale de ce réservoir[102].

99 Analyses effectuées en janvier 1999 à l'aide du spectrographe travaillant sous atmosphère d'argon de l'affinerie Metaleurop de Villefranche sur Saône F, à la demande d'A. Cochet.

100 Selon C. Bursian, cette pièce a été découverte en 1836 ou 1837 *En Prillaz*, au nord-ouest du *forum*, dans un champ appartenant au préfet Fornallaz. Cependant, le registre foncier d'Avenches ne garde aucune mention d'un terrain *En Prillaz* ayant appartenu à M. Fornallaz. Dès lors, il s'agit vraisemblablement du lieu-dit *Prés de Prilaz*, où le préfet possédait deux parcelles. Il n'est malheureusement pas possible de préciser la parcelle concernée, car les plans du XIXe s. n'y recensent aucune fouille ou découverte pour les années 1836 et 1837.

101 J. Hansen publie un éventuel burin de plombier, découvert dans la *villa* de Montmaurin (Haute-Garonne F). Son tranchant est très long, probablement dans les 60 à 70 mm. *Cf.* Cochet/Hansen 1986, p. 81-82, fig. 42 (photo sans échelle).

102 Inv. Grangier 153. Une étiquette précise *«fragment d'une cuve de 350 π trouvée à Avenches en 1837»*. Les données tant morphologiques, visuelles et techniques, qu'archéologiques (selon les données à notre disposition, il s'agit en effet de la seule cuve découverte cette année-là) confirment cette attribution.

Fig. 58
Avenches, Prés de Prilaz.
Réservoir n° 38. Fragment 1.
Intérieur (en haut) et
extérieur (en bas).
Échelle 1:6.

Cette pièce trouve un excellent parallèle à Schleitheim SH, où sept fragments d'une grande cuve décorée ont été découverts en 1975, lors des investigations menées à l'emplacement des thermes[103]. Celle-ci a été interprétée comme un réservoir d'eau froide alimentant une chaudière (fig. 66). Sa contenance, estimée à plus de 1300 litres, est cependant beaucoup plus importante que celle de notre pièce. En effet, et bien que nous n'en connaissions pas la hauteur, on peut estimer que la cuve d'Avenches devait contenir environ 400 litres[104].

F. Troyon, dans son catalogue, précisait que *«cette pièce doit être classée dans les objets provenant des bains»*. Son lieu de découverte proche des thermes d'*En Perruet* ainsi que le parallèle de Schleitheim rendent cette allégation fort probable et ce malgré une contenance relativement faible.

La pièce en bronze est certainement un siège de clapet, même s'il diffère de ceux publiés[105] par l'absence d'un point d'attache, d'une articulation reliant le siège et le clapet. En effet, il n'existe, à notre connaissance, aucun autre dispositif qui s'adapte à ces pièces en bronze. Et leur forme, avec leur rebord intérieur appelle une pièce complémentaire, un couvercle ou plutôt un clapet. On notera en outre, que le diamètre permettant le passage de l'eau est sensiblement le même sur les deux exemplaires mesurés, soit 6,5 cm à Irigny et 6,2 cm à Avenches.

Sur une des œillères de notre pièce, on peut voir trois traits obliques, plus ou moins parallèles et probablement réalisés à l'aide d'un burin. Il est possible que cette marque ait désigné le module du tuyau qui pouvait s'y ajuster.

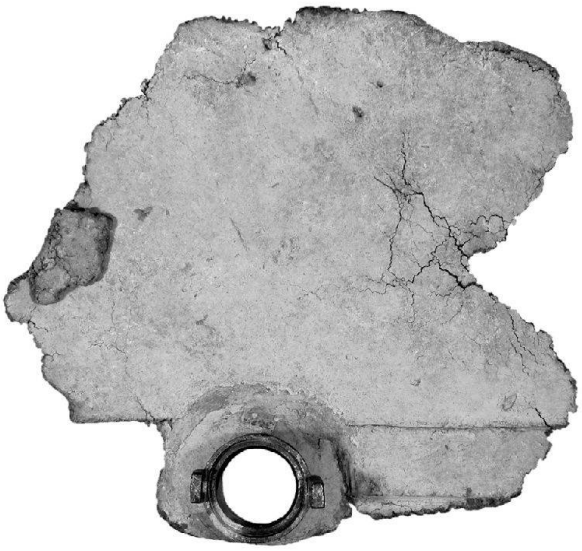


Fig. 59
Avenches, Prés de Prilaz. *Réservoir n° 38. Fragment 2. Paroi avec siège de clapet en bronze. Échelle 1:6.*

Fig. 60
Avenches, Prés de Prilaz. *Réservoir n° 38. Fragment 2. Détail du siège de clapet.*

103 *Cf.* Bossert 1979. Le décor est une scène de chasse formant une bande au sommet des parois de la cuve. La comparaison avec notre pièce n'est malheureusement pas possible sur ce point dans la mesure où sa partie sommitale n'est pas conservée. Avec un diamètre d'env. 120 cm et une hauteur de 115 cm, les dimensions du réservoir de Schleitheim diffèrent également de celui d'Avenches.

104 Avec une hauteur minimale de 60 cm, la contenance de cette cuve était au minimum de 230 litres ($\pi \cdot r^2 \cdot H = 3{,}14 \cdot 0{,}352 \cdot 0{,}60 = 0{,}230\ m^3$). Cependant, sa hauteur était certainement supérieure, peut-être autour de 100 cm selon les parallèles.

105 Cochet 2000, p. 166-167; Gockel 1982, p. 210, 91.

Fig. 61
Avenches, Prés de Prilaz.
Réservoir n° 38. Fragment 3. Paroi avec renforts horizontal et vertical. Échelle 1:6.

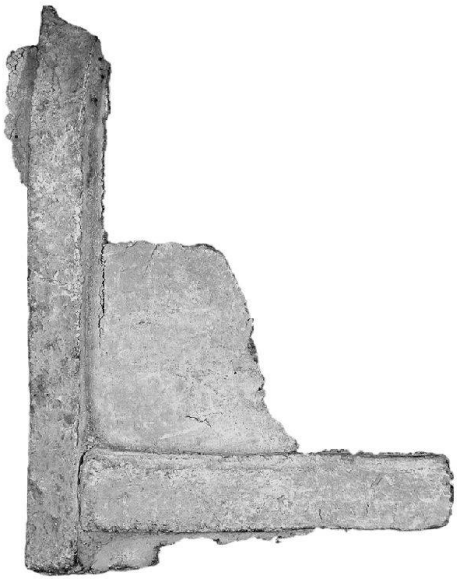


Fig. 62 *(à g.)*
Avenches, Prés de Prilaz.
Réservoir n° 38. Fragment 4. Paroi avec renforts horizontal et vertical. Échelle 1:6.

Fig. 63 *(à dr.)*
Avenches, Prés de Prilaz.
Réservoir n° 38. Fragment 5. Paroi avec renfort horizontal. Échelle 1:6.

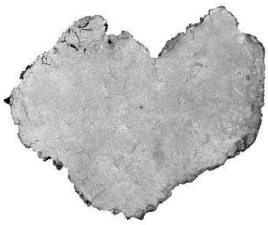


Fig. 64 *(à g.)*
Avenches, Prés de Prilaz.
Réservoir n° 38. Fragment 6. Paroi. Échelle 1:6.

Fig. 65 *(à dr.)*
Avenches, Prés de Prilaz.
Réservoir n° 38. Fragment 7. Renfort horizontal. Service archéologique de l'État de Fribourg, inv. Grangier 153.

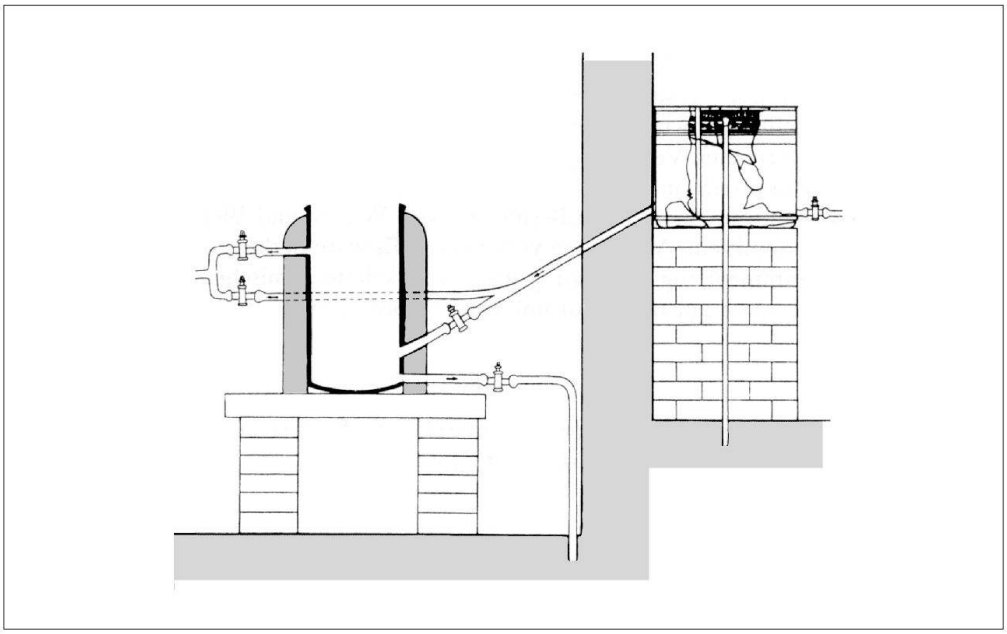


Fig. 66
Schleitheim SH. Reconstitution d'un dispositif comprenant une chaudière (à g.) et un réservoir d'eau froide (à dr.). D'après Bossert 1979, p. 213.

39. Bassin *fig. 67-68*

Inv. SA/609.

Description

Plaque rectangulaire ornée d'une queue d'animal marin en relief. La plaque est partiellement repliée, ses bords latéraux sont coupés, tandis que l'inférieur est déchiré. Le bord supérieur est renforcé, avec une surépaisseur venue de fonderie.

Dimensions, poids

Haut. conservée (déplié) 279 mm, ép. 6-14 mm, ép. de la partie renforcée 31-33 mm, 8'800 g.

Contexte de découverte

Conches Dessous, champ de Samuel Doleire, carrés R-S 9.

Références bibliographiques

Bursian 1868, pl. IV, 14.
Bossert 1979, p. 211.

Commentaires

Comme l'avait déjà souligné M. Bossert, ce type de rebord ne se retrouve pas sur des sarcophages. A. Cochet publie un fragment d'un grand récipient cylindrique du Musée de Vienne (une jarre?) doté d'un bord semblable, également formé d'une surépaisseur venue de fonderie[106]. La plaque avenchoise semble cependant être plate. Dès lors, une identification comme bassin, terme neutre désignant toute construction destinée à recevoir de l'eau, nous paraît plus adéquate.

Très rares sont les objets en plomb avenchois décorés. Cette pièce est donc exceptionnelle de par son décor. Celui-ci a été imprimé directement dans le moule de la grande plaque à la base de ce bassin. La trace rectangulaire de la plaque-modèle est encore visible autour du motif (dimensions: haut. 160 mm, long. conservée 215 mm). Elle était vraisemblablement en bois, comme en témoigne les écailles de la queue créées à l'aide d'une gouge. Le moulage du décor n'a pas dû être aisé: une double impression du bord prouve que le plombier s'y est repris à deux fois. En outre, en plusieurs endroits, on peut observer des «arrachements» le long du décor. Certaines parties, probablement plus endommagées, ont même été remodelées avant le coulage de la plaque: ainsi les rainures de l'aileron supérieur sont nettement plus vigoureuses que les autres (fig. 68).

L'état de conservation du décor permet d'assurer l'identification d'un animal marin. Cependant, il n'est pas possible de préciser de quel animal il s'agit, par exemple un triton, un cheval ou un griffon marin[107].

Son lieu de découverte, à environ 400 mètres des thermes d'*En Perruet*, avait incité M. Bossert à l'attribuer à cet établissement public. Cependant, ses bords latéraux coupés témoignent certainement d'une activité de récupération. Dès lors, ce fragment a pu être déplacé sur une plus longue distance. Il paraît néanmoins vraisemblable que cette pièce, la seule qui soit ornée pareillement à Avenches, proviennent d'un édifice affichant une certaine richesse, tels des thermes publics, voire la vaste *domus* d'un personnage riche et influent.

106 Cochet/Hansen 1986, p. 203-205.

107 *Cf.* Espérandieu 1913, n° 4385; Floriani Squarciapino 1952, p. 44.

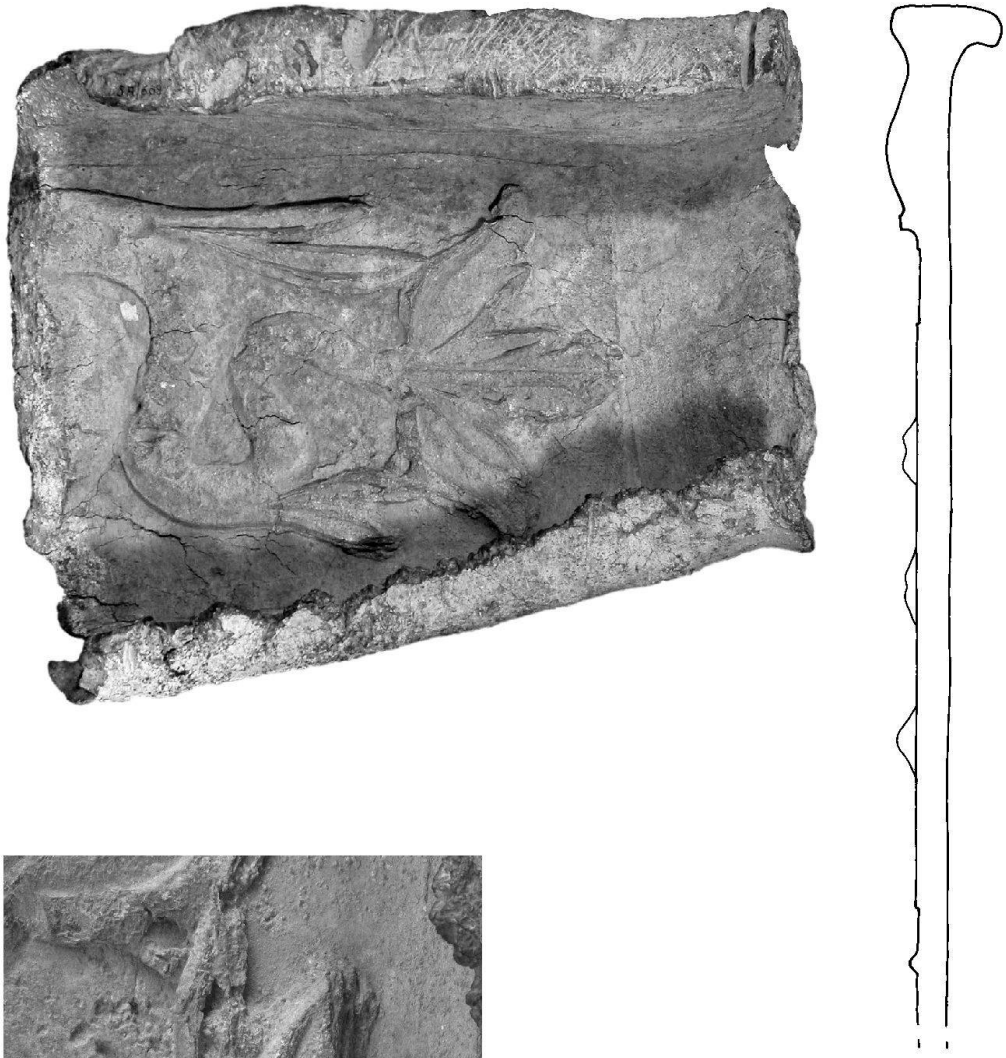


Fig. 67
Avenches, Conches Dessous. *Fragment de bassin n° 39. La coupe (échelle 1:2) est redressée.*

Fig. 68
Avenches, Conches Dessous. *Fragment de bassin n° 39. Détails du décor. Échelles diverses.*

40. Bassin *fig. 69*

Sans n° d'inventaire.
Pièce aujourd'hui introuvable.

Description
Bassin circulaire. Le fond est plat, les parois légèrement renflées dans leur partie inférieure et les lèvres sans aménagements particuliers.

Contexte de découverte
Derrière la Tour. Aile nord du palais. Carré K 10.

Datation du contexte
Début du IIIe s. ap. J.-C.?

Références bibliographiques
Morel *et al.*, à paraître.
Ms. Schmidt 1750-1752, p. 30.
Ms. Schmidt/Grüner 1751.

Commentaires
Selon les annotations accompagnant le dessin de S. Schmidt, ce bassin ou cuve en plomb (*«lebetem plumbeum»*), découvert «sous le pavement» (*«infra pavimentum»*), semble provenir d'un local situé en contrebas, au nord de la mosaïque de Bacchus et Ariane et préalablement interprété comme une fournaise (*cf.* fig. 50, *«Fornax cum Vestigiis Balnei»*). À l'époque, cette trouvaille fut interprétée comme la confirmation de l'existence de bains.

Ce bassin en plomb a vraisemblablement été découvert dans la couche de démolition générale. Il paraît plausible, quoique non vérifiable, de l'attribuer à la phase palatiale datée du début du IIIe s. ap. J.-C.

Un second bassin aurait été découvert *Derrière la Tour.* En effet, dans leur manuscrit daté de 1751, S. Schmidt et J. R. Grüner ont annoté le plan des vestiges dégagés dans le secteur de la mosaïque de Bacchus et Ariane. C'est ainsi qu'ils signalent la présence d'un *«vase en plomb orné de figures»* dans la cavité du bassin octogonal revêtu de *«marbre blanc»*[108]. Cependant et fort curieusement, cette découverte n'est plus mentionnée, même par S. Schmidt lui-même dans son manuscrit de 1750-1752.

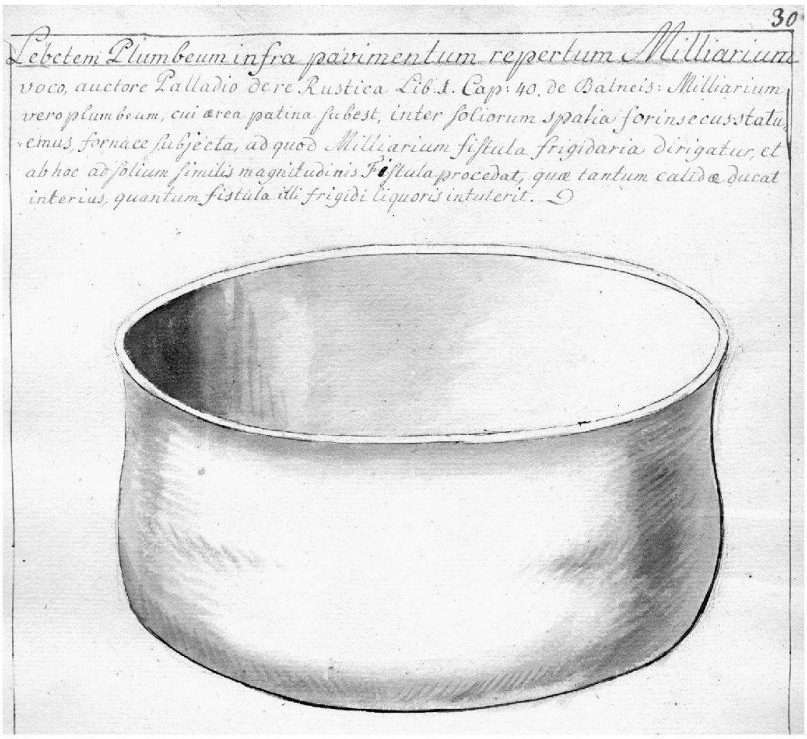


Fig. 69
Avenches, palais de Derrière la Tour. *Bassin n° 40. Tiré de Ms. Schmidt 1752, p. 30.*

41. Indéterminé, bassin? *fig. 70-71*

Inv. 1912/5128.

Description
Plaque présentant un bord inférieur déchiré tandis que les latéraux sont coupés. Sur le bord supérieur, conservé, le métal est ourlé de manière irrégulière. La pliure à angle droit de la plaque est une déformation moderne. Des traces de calcaire sont visibles sur une face, tandis que des traces rappelant du mortier le sont sur les deux faces; constituée de sable de quartz et d'une matière blanche fine et calcaire, cette couche évoque un liant à base de chaux.

Dimensions, poids
Long. conservées 270 et 150 mm, haut. conservée 165 mm, ép. de la plaque 2-3 mm, ép. du bord ourlé 12-25 mm, 1'860,3 g.

Contexte de découverte
En Perruet, fouilles Jomini. Il s'agit éventuellement de l'*insula 29*.

Référence bibliographique
Mentionné dans Jomini 1912, p. 18.

Commentaires
Le bord ourlé de cette pièce constitue la caractéristique essentielle sur laquelle nous nous basons pour proposer cette hypothèse d'identification. Ce type de bord n'est en effet pas très fréquent et se rencontre plutôt sur des urnes funéraires ou des bassins[109]. L'*insula 29*, où l'on situe avec une certaine vraisemblance son lieu de découverte, abritait les thermes d'*En Perruet* où l'on imaginerait bien cet éventuel bassin en activité. On notera, comme pour la pièce précédente, les bords latéraux coupés, probables témoins muets là aussi d'une activité de récupération.

Nous ne nous expliquons pas les traces de mortier visibles sur les deux faces de cette pièce.

108 Ms. Schmidt/Grüner 1751.
109 Cochet 2000, p. 35; Cochet/Hansen 1986, p. 204.

Fig. 70
Avenches, En Perruet.
Fragment de bassin? n° 41.
Échelle 1:2.

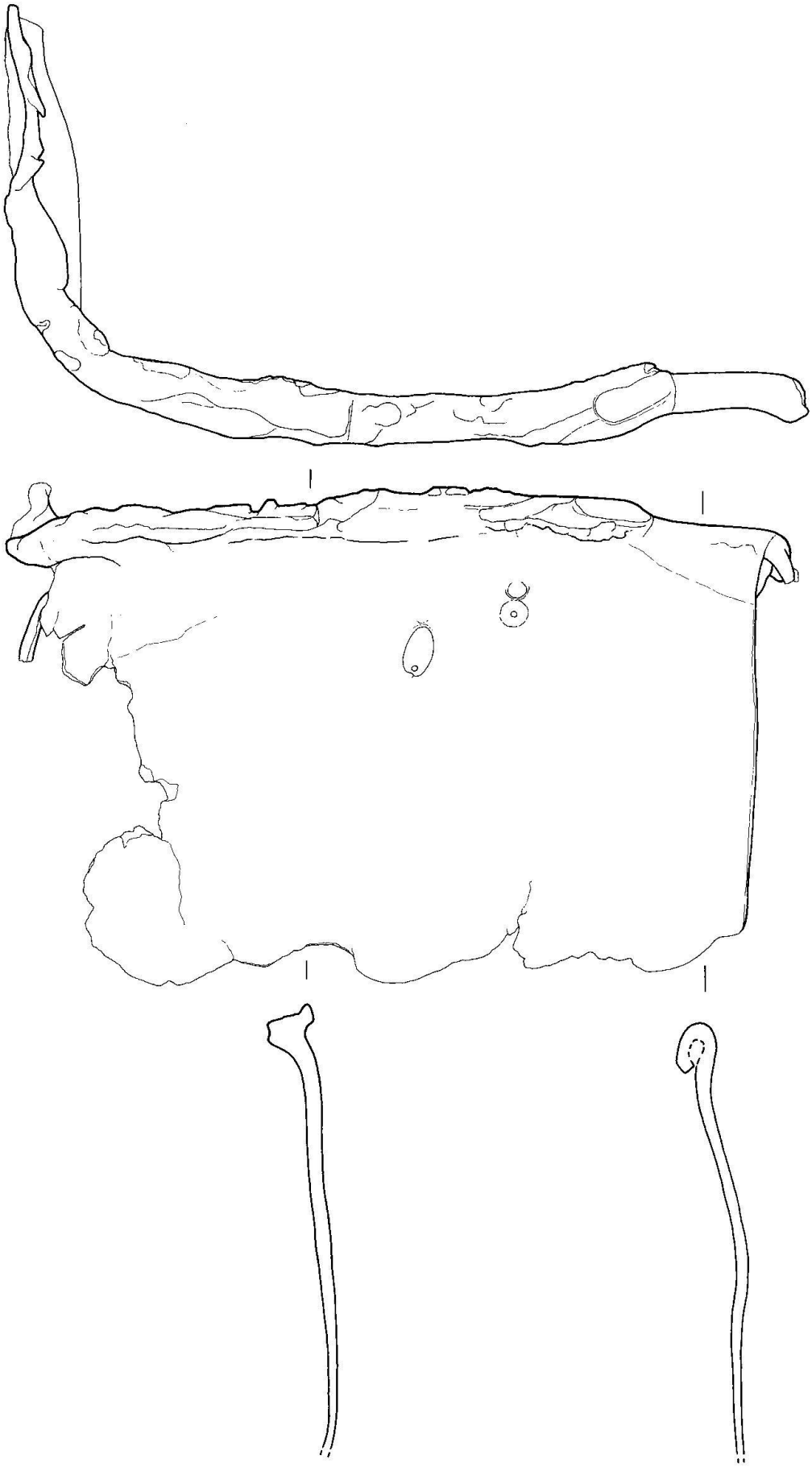


Fig. 71
Avenches, En Perruet.
Fragment de bassin? n° 41.

42. Indéterminé, cuve? *fig. 72-73*

Inv. X/3288.

Description

Plaque fragmentaire, apparemment coupée, présentant une courbure qui évoque un récipient quadrangulaire. Un cordon de soudure, probablement à l'étain, est visible.

Dimensions, poids

Long. conservée 298 mm, ép. de la plaque 7-11 mm, 3'400 g.

Contexte de découverte

Avenches, localisation non précisée.

Commentaires

On ne peut exclure que la courbure soit une déformation postérieure. En outre, le cordon de soudure, probablement à l'étain, reste inexpliqué. Un bassin n'est certainement pas la seule identification possible. Ainsi, A. Cochet publie des fragments de plaque avec un cordon de soudure provenant d'un sarcophage[110].

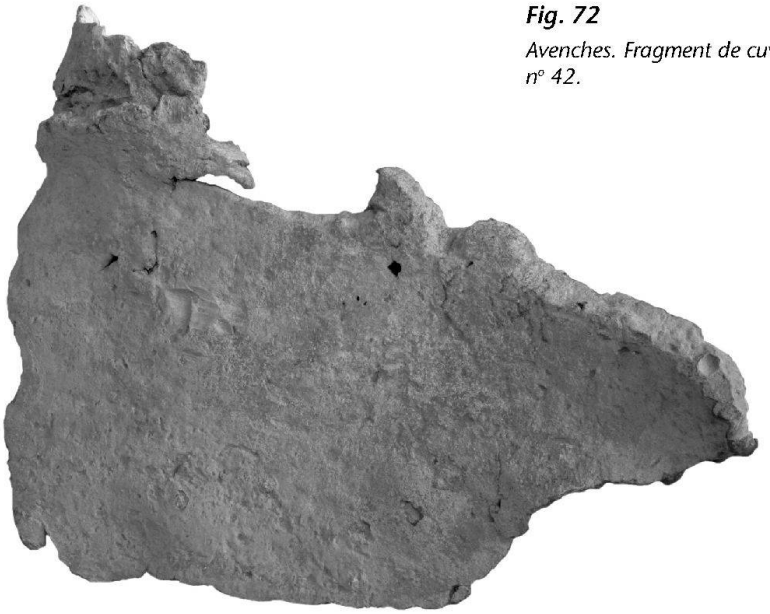


Fig. 72
Avenches. Fragment de cuve? n° 42.

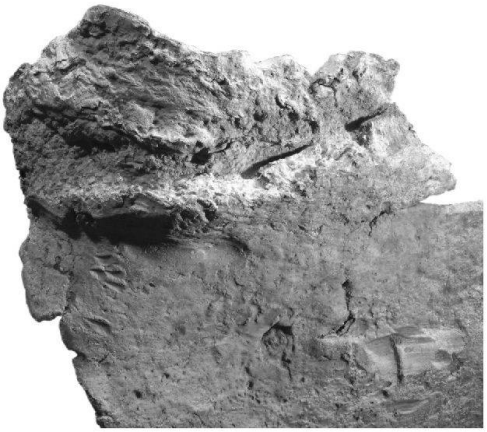


Fig. 73
Avenches. Fragment de cuve? n° 42. Détail du cordon de soudure.

110 Cochet 2000, p. 101.

43. Indéterminé, cuve? *fig. 74*

Inv. X/3146.

Description

Plaque fragmentaire, avec un «rebord» partiellement conservé, présentant une courbure qui évoque un récipient quadrangulaire. Une soudure fragmentaire et cassée, probablement à l'étain, est visible sur un bord déchiré.

Dimensions, poids

Long. conservée 225 mm, ép. de la plaque 5-6 mm, 1'205,10 g.

Contexte de découverte

Avenches, localisation non précisée.

Commentaires

Comme pour la pièce précédente, on ne peut exclure que la courbure soit une déformation postérieure. De même, la ligne de soudure, probablement à l'étain, reste inexpliquée. Dès lors, une identification comme cuve n'est certainement pas la seule envisageable.

Fig. 74

Avenches. Fragment de cuve? n° 43.

44. Indéterminé, cuve? *fig. 75*

Inv. X/3155.

Description

Grande plaque plissée, avec un bord apparemment ourlé mais irrégulier. Le pliage à angle *grosso modo* droit pourrait être accidentel. La surface extérieure est striée.

Dimensions, poids

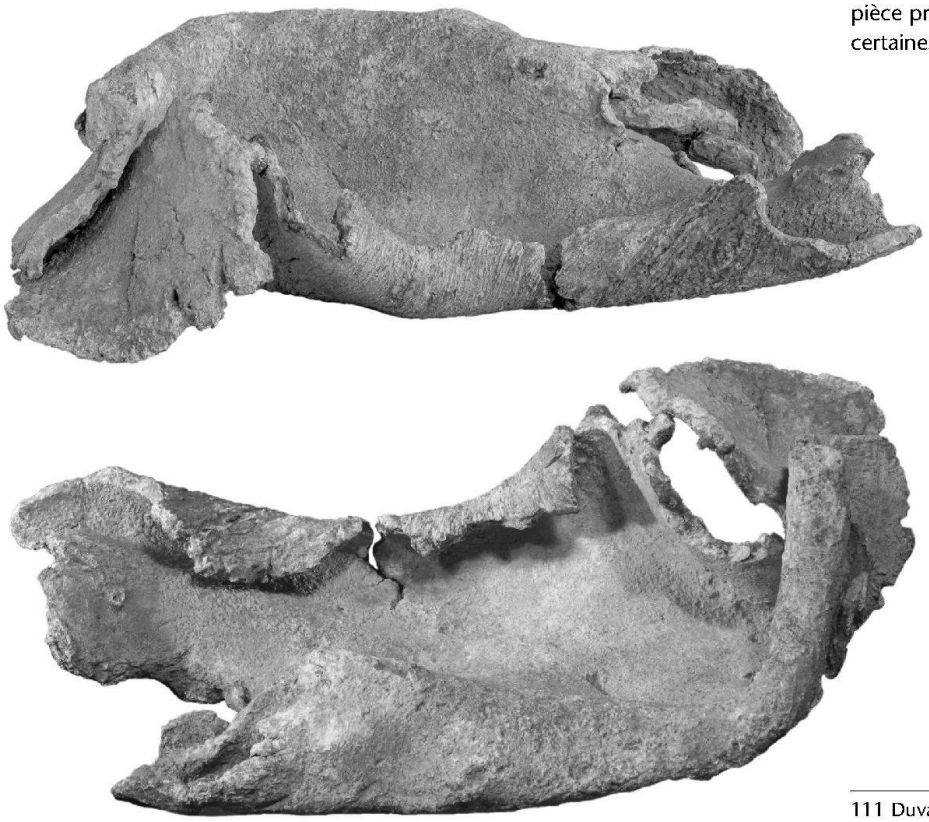
Long. conservée 230 mm, ép. de la plaque 5 mm, 1'775,50 g.

Contexte de découverte

Avenches, localisation non précisée.

Commentaires

Une identification comme fragment de plaque destiné à la refonte ne peut être exclue. Notre pièce présente en effet quelques similitudes avec certaines pièces découvertes *En Selley*[111].



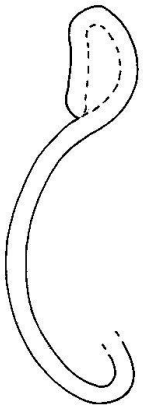


Fig. 75

Avenches. Fragment de cuve? n° 44. Section à l'échelle 1:2.

111 Duvauchelle 1999.

45. Indéterminé, récipient? *fig. 76-77*

Inv. 1907/4537.

Description

Pièce présentant le profil d'un récipient de grand diamètre, caréné et évasé du genre calice ou terrine carénée[112]. Sa surface extérieure est lisse, tandis que l'intérieure est granuleuse et irrégulière.

Dimensions, poids

Haut. conservée 78 mm, diam. au niveau de la carène 220 mm, 1'557,8 g.

Contexte de découverte

À la Conchette. Il s'agit éventuellement de l'*insula* 26.

Commentaires

Ce fragment évoque une petite masse de plomb coulée dans un récipient, que nous imaginons lié à l'eau et/ou la chaleur.

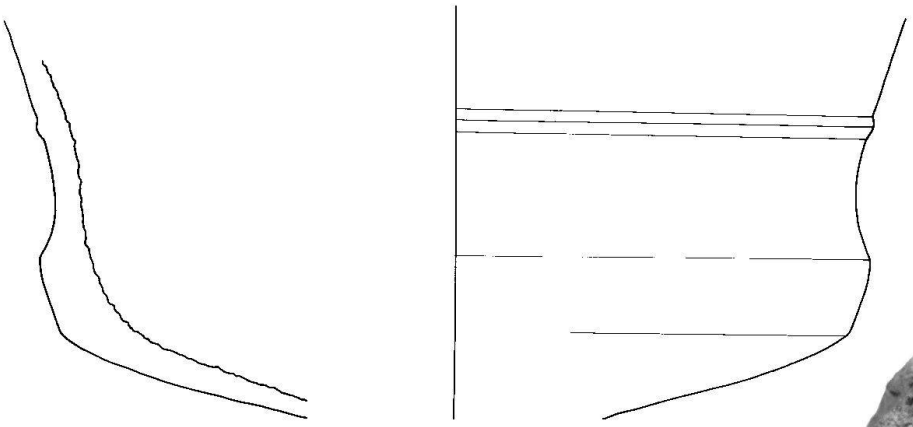


Fig. 76

Avenches, À la Conchette. *Fragment de récipient? n° 45. Échelle 1:2.*

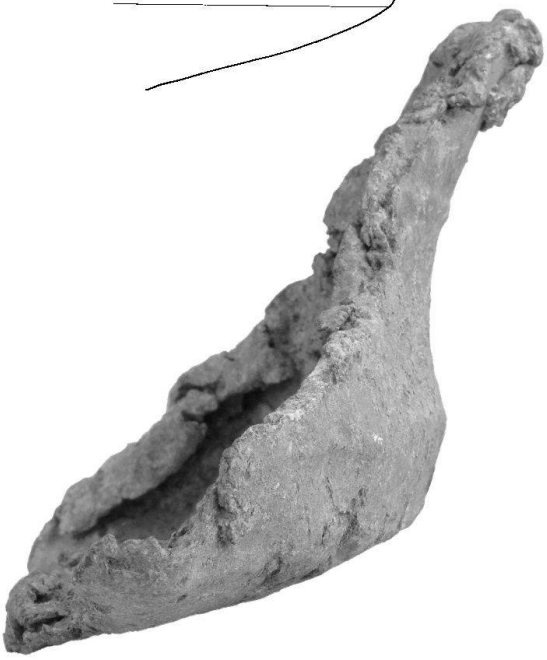


Fig. 77

Avenches, À la Conchette. *Fragment de récipient? n° 45.*

46. Indéterminé, récipient? *fig. 78*

Inv. 70/7681.

Description

Une grande plaque quadrangulaire, aux bords relevés ou repliés, forme une sorte de récipient.

Dimensions, poids

Long. 340 mm, larg. 340 mm, haut. 80 mm, ép. 5-7 mm, 9'300 g.

Contexte de découverte

Insula 10 Est, maison sud. Pièce L37, dans le remblai qui surmonte le sol de mortier st 101.

Datation de l'ensemble stratigraphique

150-250 ap. J.-C. (seulement 3 fragments de céramique datants).

Référence bibliographique

Fuchs 2003, p. 303.

Commentaires

Les marques visibles sur la face inférieure témoignent d'un travail de mise en forme, à la batte voire au marteau. Les bords repliés pourraient évoquer une pièce en cours de fabrication.

Néanmoins, cette pièce évoque un récipient que, là encore, nous imaginons en relation avec l'eau.

112 *Cf.* les types AV 119 ou AV 133 de Castella/Meylan Krause 1994.

Fig. 78
Avenches, Insula *10 Est. Récipient? n° 46. Vues de profil et de la face extérieure.*

47. Indéterminé, récipient? *fig. 79-80*

Inv. X/2670.

Description

Sorte de grand récipient, aux parois très épaisses, au bord irrégulier formant quatre «pointes» et au fond extérieur *grosso modo* plat. Des traces de martelage sont visibles à l'intérieur, tandis que l'extérieur est orné de bandes et de croix en fort relief.

Dimensions, poids

Diam. 510-590 mm, haut. 240 mm, ép. du bord 28 mm en moyenne, 80'000 g.

Analyses métallographiques

Plomb avec 70 ppm d'argent[113]. De manière générale, il a une teneur en éléments traces très faible (cuivre, nickel, argent, arsenic...). *Cf.* fig. 95.

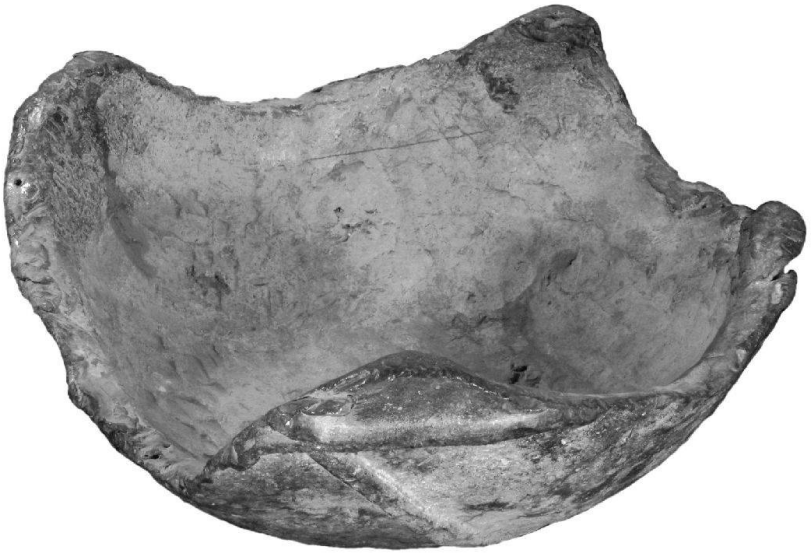
Contexte de découverte

Avenches, localisation non précisée.

Commentaires

La forme de cette pièce évoque un récipient. Sans parallèle, sa fonction reste énigmatique. A. Cochet a cependant émis l'hypothèse, au vu de l'épaisseur des parois et du fond plat, d'un récipient permettant de chauffer de l'eau[114].

Fig. 79
Avenches. Récipient? n° 47.



113 Analyses effectuées en janvier 1999 à l'aide du spectrographe travaillant sous atmosphère d'argon de l'affinerie Metaleurop de Villefranche sur Saône F, à la demande d'A. Cochet.

114 Communication orale d'A. Cochet que nous remercions vivement.

Fig. 80
Avenches. Récipient? n° 47. Vue de la face extérieure.

Les pommelles

48. Pommelle *fig. 81*

Inv. X/3295.

Description

Fragment d'une tôle ovale percée de 15 trous de 4-5 mm de diamètre et entourée d'un petit rebord.

Dimensions, poids

Long. 87 mm, larg. conservée 58 mm, ép. de la tôle 2 mm, 61,87 g.

Contexte de découverte

Avenches, localisation non précisée.

Commentaires

Quoique de dimensions légèrement inférieures, cette pièce est morphologiquement très proche d'une pommelle découverte lors des investigations menées en 1997 dans la zone du réservoir de la *villa* d'Orbe VD-*Boscéaz*, quasiment en place dans l'écoulement de vidange du bassin interne[115].

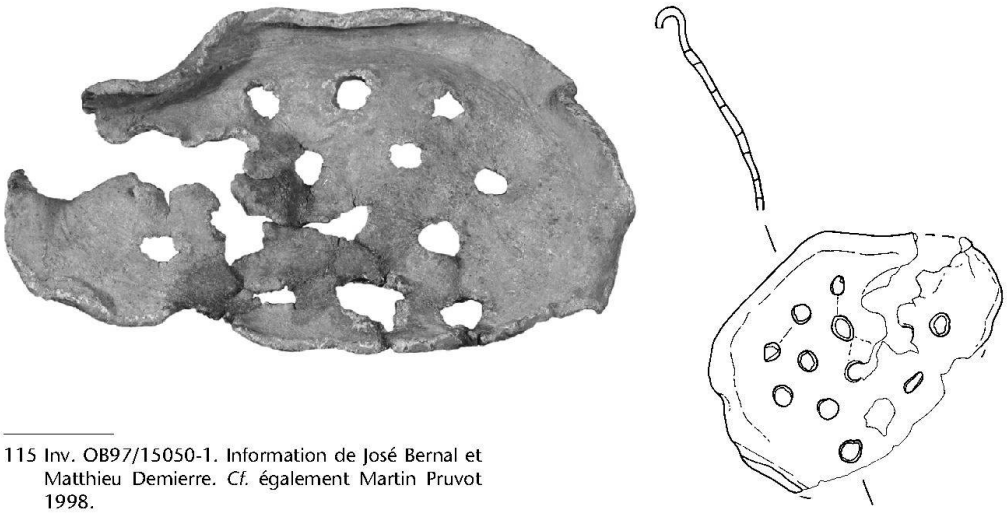


Fig. 81
Avenches. Pommelle n° 48. Dessin à l'échelle 1:2.

115 Inv. OB97/15050-1. Information de José Bernal et Matthieu Demierre. *Cf.* également Martin Pruvot 1998.

Les plaques d'étanchéité

49. Plaque d'étanchéité? *fig. 82*

Inv. 60/1542.

Description

Tôle rectangulaire. Au minimum huit trous de fixation carrés (éventuellement dix) sont répartis sur le pourtour. Certains d'entre eux gardent l'empreinte de la tête du clou. Deux clous en fer, dont seule subsiste la tête, y sont encore plantés.

Dimensions, poids

Long. 130 mm, ép. de la plaque 1-2 mm, 145,39 g.

Contexte de découverte

Fouilles topographiques, sondage 18, carré P 8.

Commentaires

Une seconde tôle fragmentaire a été découverte avec cette pièce (inv. 60/1543). Cependant, son état de conservation (un seul angle conservé, percé d'un trou de fixation carré) et son épaisseur sensiblement plus marquée (2-3 mm) autorisent également d'autres identifications.

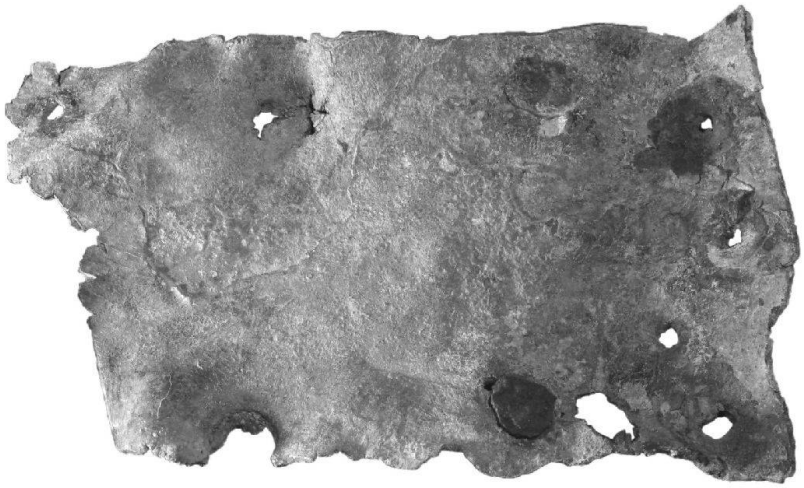


Fig. 82

Avenches, carré P 8. Plaque d'étanchéité? n° 49.

50. Plaque d'étanchéité? *fig. 83-84*

Inv. 97/10279-13.

Description

Plaque rectangulaire déformée, percée d'un trou de fixation dans un angle. Un grand trou carré déchire le métal près d'un bord: la matière a été laissée en l'état après le percement.

Dimensions, poids

Long. 125 mm, ép. de la plaque 4-5 mm, 394,35 g.

Contexte de découverte

En Selley, insula 56.

Datation de l'ensemble stratigraphique

IVe s. ap. J.-C.

Référence bibliographique

Duvauchelle 1999, p. 143, 2.

Commentaires

Cette plaque présente quatre bords conservés. Néanmoins, la présence d'un seul trou de fixation, le percement peu soigné du trou carré de même que son emplacement, sont autant d'éléments qui laissent présager la récupération et la transformation antique d'une pièce probablement plus grande, possiblement une plaque d'étanchéité bien qu'une autre identification ne puisse être exclue.

Cette pièce est comme déchirée par un grand trou carré, dont il est difficile de préciser s'il est postérieur à sa première utilisation (hypothèse qui paraît la plus probable) ou d'origine.

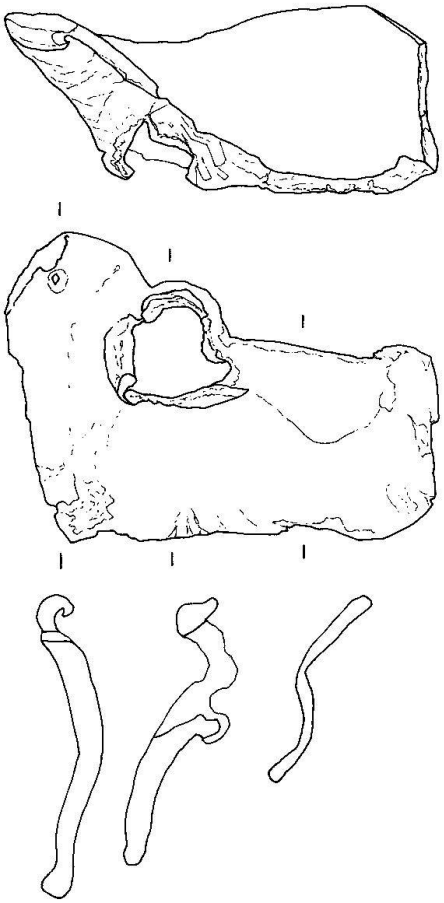


Fig. 83

Avenches, En Selley. *Plaque d'étanchéité? n° 50. Échelle 1:2.*

Fig. 84
Avenches, En Selley. *Plaque d'étanchéité? n° 50.*

Divers et indéterminés

51. Contrepoids de vanne? *fig. 85-86*

Inv. 1911/5016.

Description

Masse de section circulaire, plate à chaque extrémité. Au sommet, un anneau usé en fer, est fiché de manière décentrée. Un trou circulaire, vertical et centré, transperce cette masse.

Dimensions, poids

Haut. 101 mm, diam. 73 mm, 3'345 g.

Contexte de découverte

Palais de *Derrière la Tour.* Aile thermale L-M, canalisation collectrice interne St 85.

Datation

Début du IIIe s. ap. J.-C.?

Références bibliographiques

Ms. Secrétan 1911, p. 6.
Jomini 1912, p. 16.
Morel *et al.*, à paraître.

Commentaires

La canalisation collectrice St 85 permettait d'évacuer les eaux usées du *balneum.* Son dégagement a permis de mettre au jour différentes pièces métalliques. «*Dans le fond a été trouvé un bouchon ou bonde en plomb, qui devait être manœuvrée au moyen d'une chaînette, d'une corde, ou* [??] *et tout près 2 tringles avec poignée mobile, en forme de gaine, et munie d'un œil pour y fixer la chaîne, corde, etc. À côté des dites tringles se trouvait la fermente d'une porte, éparres, poignée et crochet*»[116] (*cf.* fig. 86). Toutes ces pièces «*devaient appartenir au dispositif permettant de manœuvrer depuis l'étage une vanne de régulation de l'écoulement des eaux de vidange de l'un ou l'autre des bassins.*»[117]

L'identification d'un bouchon ou d'une bonde pose un certain nombre de problèmes. Le plomb ne nous paraît en effet pas un métal adéquat pour cette fonction. Sa densité ainsi que la pression de l'eau rendraient un tel bouchon particulièrement difficile à enlever. En outre, sa malléabilité serait vraisemblablement un handicap pour un objet devant à la fois être aisément amovible et assurer l'étanchéité d'une ouverture. Nos dernières objections portent sur les aménagements effectués sur la pièce elle-même. L'anneau, par son emplacement décentré, ne constituerait pas une bonne prise pour retirer un bouchon de ce poids, tandis que le trou traversant est en opposition avec le caractère étanche d'un tel objet.

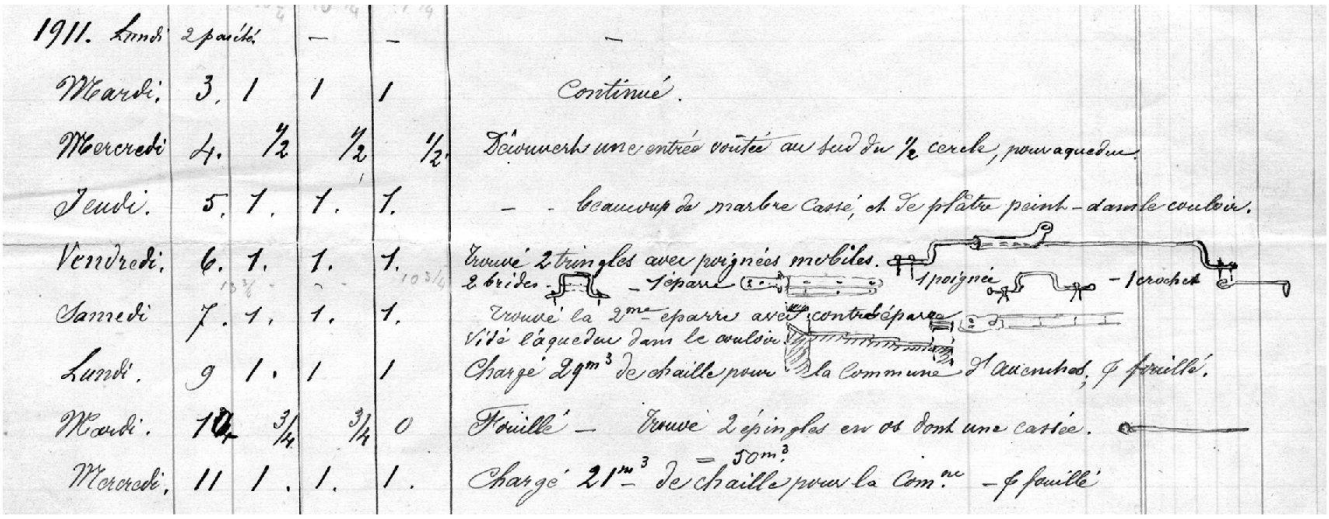
C'est pourquoi, nous préférons l'hypothèse d'un contrepoids de vanne[118]. Certes, l'anneau décentré et usé reste problématique. Par contre, le trou permettrait de positionner cet objet sur une tringle.

Fig. 85
Avenches, palais de Derrière la Tour. *Contrepoids de vanne? n° 51.*

116 Extrait d'une lettre datée du 25 janvier 1911 et adressée par Auguste Rosset à William Cart (archives MRA). Les différentes pièces en fer n'ont pas été inscrites dans le catalogue Troyon et n'ont pu être retrouvées dans les dépôts du MRA.

117 Morel *et al.*, à paraître.

118 Nos remerciements à V. Fischbacher qui nous a proposé cette hypothèse.



1911. Lundi	2 pavillé		—	—	—
Mardi.	3.	1	1	1	Continué.
Mercredi	4.	1/2	1/2	1/2	Découverts une entrée voûtée au bord du 1/2 cercle, pour aqueduc
Jeudi.	5.	1.	1.	1.	— — beaucoup de marbre cassé, et de plâtre peint — dans le couloir.
Vendredi.	6.	1.	1.	1.	Trouvé 2 tringles avec poignées mobiles. 2 brides — 1 épare — 1 poignée — 1 crochet
Samedi	7.	1.	1.	1.	Trouvé la 2me épare avec contre épare. Vidé l'aqueduc dans le couloir
Lundi.	9	1.	1	1	Chargé 29m3 de chaille pour la Commune d'Avenches. ϕ fouillé.
Mardi.	10	3/4	3/4	0	Fouillé — Trouvé 2 épingles en os dont une cassée.
Mercredi.	11	1.	1.	1.	Chargé 21m3 (= 50m3) de chaille pour la Com.ne — ϕ fouillé

Fig. 86
Avenches, palais de Derrière la Tour. *Extrait du journal des fouilles de 1910-1911 mentionnant la découverte d'éléments métalliques rattachés à un dispositif de vanne de régulation. Archives MRA.*

52. Garniture de coin *fig. 87-88*

Inv. 97/10353-1.

Description

Plaque pliée de manière à former un coin, percée de sept trous de fixation: deux sur les côtés les plus longs, un sur les côtés les plus courts, et un dernier dans le coin. Dans celui-ci, un clou en fer à tête circulaire plate est encore planté.

Dimensions, poids

Long. 140 mm, ép. de la plaque 3 mm, long. conservée du clou 43 mm, 619,50 g.

Contexte de découverte

En Selley, insula 56.

Datation de l'ensemble stratigraphique

Ier-IIe s. ap. J.-C.? (seuls 2 fragments de céramique datants).

Commentaires

Les garnitures ou ferrures de coin sont habituellement fabriquées en fer. Elles sont destinées à renforcer les coins d'une construction en bois, d'un coffre par exemple. Par contre, nous n'en connaissons pas en plomb. Ce métal mou ne nous paraissant pas adéquat comme renfort, nous en déduisons que cette pièce devait remplir une autre fonction, fonction qui nous échappe à ce jour. Cependant, l'association du plomb et d'une structure en bois, probablement quadrangulaire, évoque les bassins et l'hydraulique.

Fig. 87 *(ci-contre)*
Avenches, En Selley. *Garniture de coin? nº 52. Section à l'échelle 1:2.*

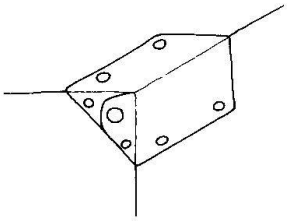


Fig. 88 *(ci-dessus)*
Avenches, En Selley. *Reconstitution de la garniture de coin? nº 52.*

53. Indéterminé, clé de robinet? *fig. 89*

Inv. 70/7377.

Description

Tube fragmentaire, légèrement conique, percé d'un trou circulaire près de l'extrémité la plus large. Cette dernière, fermée, se prolonge après un décrochement, par une tige rainurée, de section circulaire.

Dimensions, poids

Long. conservée 60 mm, diam. 140 mm, 23,91 g.

Contexte de découverte

Insula 10 Est, maison centrale. Dans un niveau de remblai.

Datation de l'ensemble stratigraphique

40/50-80 ap. J.-C. (1 fragment post-romain).

Référence bibliographique

Fuchs 2003, p. 132.

Commentaires

Ce fragment pose un certain nombre de problèmes, tant au niveau de sa fonction que de sa datation.

Morphologiquement, il se rapproche de certaines clés de robinet permettant de laisser s'écouler un liquide hors d'un contenant[119]. Il en diffère cependant par deux points essentiels. Ainsi et contrairement à cet exemplaire, le sommet de ces clés ont tous une forme autorisant une manipulation aisée, généralement avec la main pour ce type de robinet. De plus, tous les robinets romains qui nous sont parvenus sont en bronze. Le plomb, métal malléable, ne convient absolument pas à cette fonction[120]. Dès lors, A. Renault et C. Di Vito, artisans fontainiers au château de Versailles, ont émis l'hypothèse d'un modèle permettant de mouler et couler une clé en bronze. Et effectivement, des modèles en plomb sont connus à l'époque romaine, par exemple pour des fibules voire pour des statuettes[121].

Concernant la datation de cette pièce, M. Fuchs suggère qu'il s'agit d'un intrus du IIe s. dans une couche du Ier s. Outre la présence d'un tesson céramique post-romain, il souligne en effet que *«le fragment de robinet se comprendrait bien mieux après la transformation de l'angle nord-ouest de la halle L.21 en une cuisine* [d'auberge]*; il peut d'ailleurs être issu de cette période, retrouvé mêlé au matériel antérieur en raison de la tranchée de récupération du mur M.1»*[122].

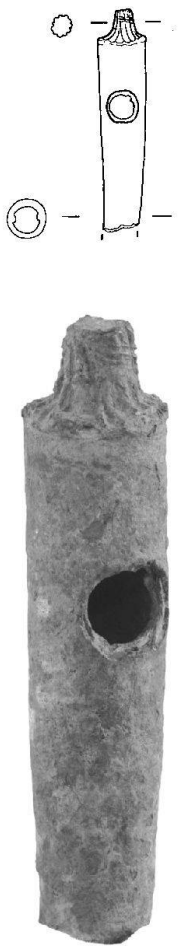


Fig. 89

Avenches, Insula *10 Est. Clé de robinet? n° 53. Dessin à l'échelle 1:2.*

Pièce découverte hors de la ville et déposée au Musée romain d'Avenches

54. Indéterminé, bassin? *fig. 90-92*

Inv. 1912/5139.

Description

Grande plaque rectangulaire aux bords relevés, formant une sorte de bassin de faible profondeur. De nombreuses traces de coups de marteau sont visibles sur le fond et dans les pliures intérieures. Au haut des rebords, plus d'une centaine de trous carrés, bordés d'une empreinte circulaire, témoignent d'un cloutage sur une structure en bois.

Dimensions, poids

Long. 1'050 mm, larg. 870 mm, haut. max. 190 mm, ép. de la plaque 7-11 mm, 110'000 g.

Analyses métallographiques

Plomb avec 57 ppm d'argent[123]. La plus grande partie des impuretés est formée de cuivre et d'étain (0,0676%), accessoirement d'antimoine, d'argent, d'arsenic et de bismuth. *Cf.* fig. 95.

Contexte de découverte

Près du village de Corcelles-près-Payerne VD, dans la propriété de M. Fritz Thévoz.

Commentaires

Ce bassin, découvert en 1912, a été acheté par l'État de Vaud qui l'a offert, en juillet de la même année, au musée d'Avenches[124]. La commune de Corcelles-près-Payerne VD a livré divers témoignages attestant un établissement gallo-romain de nature indéterminée[125]. Cependant, le site ayant fait l'objet d'une occupation ininterrompue, la romanité de cette pièce ne peut être assurée.

Cette pièce pose encore plusieurs problèmes d'interprétation. En premier lieu, sa technique de fabrication. Les nombreuses marques visibles dans les plis, à la base des rebords, sont la preuve d'une mise en forme par martelage, selon des techniques de chaudronnerie. Les découpes que l'on peut parfois observer sur les bords témoignent probablement de l'élimination d'un surplus de matière première résultant de cette pratique[126]. Par contre, nous ne comprenons pas toutes les empreintes de marteau sur le fond. L'artisan a dû partir d'une feuille de plomb coulée sur table, ne nécessitant aucunement un tel traitement. Ce fond s'appliquait-il contre une structure qui elle-même n'était pas plane et le plombier a-t-il dû le marteler pour créer l'adhérence? S'agit-il réellement d'empreintes de marteau dues à la mise en forme initiale ou ces marques pourraient-elles avoir été faites lors de l'utilisation de cette structure?

119 *Cf.* Drack 1997, fig. 11.

120 Des robinets en bois sont également connus pour des périodes plus récentes, mais aucun en plomb.

121 Modèle de fibule norique: Fischer 2002, p. 117, fig. 178; modèle de fibule anglo-saxonne: Bonnet/Martin 1982; modèle de statuette?: Morel *et al.*, à paraître.

122 Fuchs 2003, p. 167-168.

123 Analyses effectuées en janvier 1999 à l'aide du spectrographe travaillant sous atmosphère d'argon de l'affinerie Metaleurop de Villefranche sur Saône F, à la demande d'A. Cochet.

124 Jomini 1912, p. 20.

125 Weidmann *et al.* 1993, p. 167-168.

126 Cochet 2000, p. 32-33.

Fig. 90
Corcelles-près-Payerne. Bassin? n° 54.

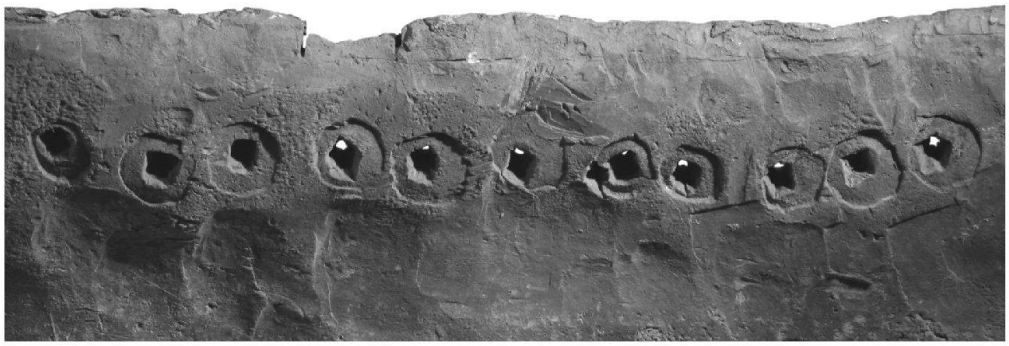


Fig. 91
Corcelles-près-Payerne. Bassin? n° 54. Détail des empreintes de tête de clou aux haut des parois.

Sa fonction reste également énigmatique. En Angleterre, des bassins en plomb d'époque romaine, *grosso modo* carrés (900-1000 mm de côté pour une hauteur d'environ 150 mm) ont été découverts: il s'agit de poêles destinées à la récolte du sel. Celles-ci étaient remplies de saumure et placées sur un foyer afin de faire évaporer l'eau et de recueillir aisément le sel restant. Lors de cette opération, une couche de tartre se déposait sur le fond de la poêle, couche qu'il était nécessaire d'éliminer régulièrement, sous peine de voir la poêle surchauffer et fondre. Selon des photographies du milieu du XXe s., les ouvriers sauniers employaient alors des masses, tandis que les marques observées sur des poêles romaines témoignent de l'utilisation de pic[127].

Notre pièce est très proche de ces poêles, tant par sa forme que par ses dimensions. En outre, les marques de martelage pourraient résulter de l'élimination de la couche de tartre. Cependant, une identification comme poêle à sel ne semble que peu convaincante. D'une part, ces poêles en plomb ne sont actuellement connues qu'en Angleterre, principalement dans le comté de Cheshire, connu pour sa production de sel de l'Antiquité à nos jours. D'autre part, aucune trace d'un éventuel dépôt de tartre n'est visible et il est peu probable qu'il ait totalement disparu. Ensuite, aucune de ces poêles anglaises ne présente des rebords cloués[128]. Finalement, notre pièce a été découverte à Corcelles-près-Payerne dans la Broye vaudoise, région dont le sous-sol n'est pas renommé pour sa saumure.

Une identification de notre pièce comme un simple bassin reste également hypothétique, du fait de sa faible profondeur et de l'absence de tout dispositif d'évacuation de l'eau[129]. En outre, elle ne prend pas en compte les nombreux trous au sommet des rebords. Ceux-ci attestent une fixation par un clouage dense sur une structure en bois. Nous ne savons rien de la forme de cette structure, si ce n'est qu'elle devait être composée d'au moins quatre parois (ou rebords) verticales, ni *a fortiori* de sa fonction.

127 Informations de G. Twigg que nous remercions vivement. Il a entre autre contribué au site internet de la *Salt Association* (http://www.saltsense.co.uk).

128 Nous avons émis l'hypothèse d'une pièce transformée et réutilisée. Cependant, la mise en forme en «bassin» précède le cloutage (les trous n'étant aucunement déformés par cette mise en forme).

129 Le poids de ce bassin (110 kg) ne permettrait pas de le vider aisément sans un tel dispositif.

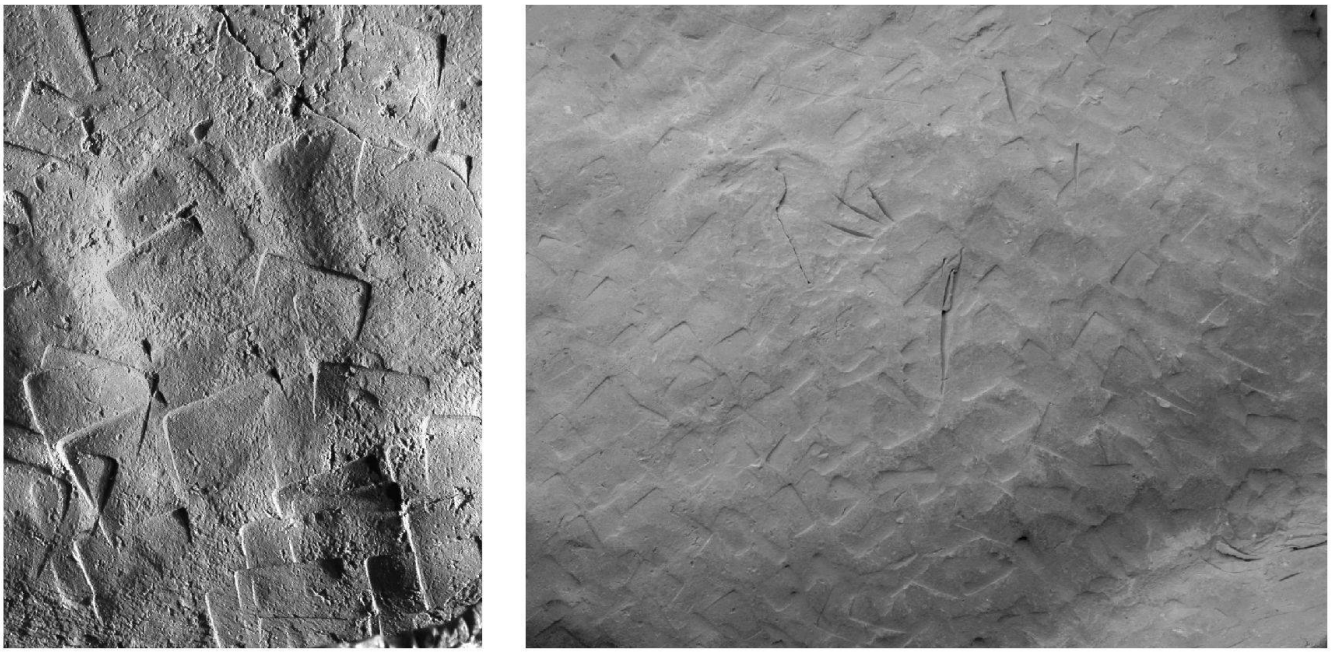


Fig. 92

Corcelles-près-Payerne. Bassin? n° 54. Détails des coups de marteau visibles sur le fond.

Inv.	N°	Désignation	Tuyau, type	Assemblage de tuyaux, type	Périmètre intérieur du tuyau	Lieu de découverte	Ensemble stratigraphique (K)	Datation de l'ensemble stratigraphique
X/573	12	tuyau	II	-	106	-	-	-
X/2670	47	indéterminé, récipient?	-	-	-	-	-	-
X/2674	23	tuyau	II	SE.E.1	178	-	-	-
X/3146	43	indéterminé, cuve?	-	-	-	-	-	-
X/3147	6	tuyau	I E ?	SE.E.1	114	-	-	-
X/3155	44	indéterminé, cuve?	-	-	-	-	-	-
X/3268	8	tuyau	II	-	120 env.	-	-	-
X/3269	27	tuyau?	-	-	-	-	-	-
X/3270	3	tuyau?	I A	-	-	-	-	-
X/3282	11	tuyau	II	-	188	-	-	-
X/3288	42	indéterminé, cuve?	-	-	-	-	-	-
X/3290	2	tuyau	I A	-	131	-	-	-
X/3291	16	tuyau	II	-	110	-	-	-
X/3295	48	pommelle	-	-	-	-	-	-
X/3316	24	tuyau	II	-	185	-	-	-
X/3317	18	tuyau	II	-	140-150	-	-	-
SA/609	39	bassin	-	-	-	*Conches Dessous*, champ de Samuel Doleire, carrés R-S 9	-	-
1837/416	38	réservoir?	-	-	-	Vraisemblablement *Aux Prés de Prilaz. Forum*	-	-
1865/1222	1	tuyau	I A	-	167	*En Pré Vert*, champ de M. Senaud. *Insula* 2. Dans le mur de la chambre des bains	-	-
CT 1884/1987	29	tuyau	-	-	-	*Derrière la Tour*. Il s'agit vraisemblablement des thermes de l'aile est du palais, carré L 11	-	-
1894/2765	15	tuyau	II	-	108	-	-	-
CT 1897/3024	30	tuyau	-	-	-	Près de la gare. Emplacement non localisé	-	-
1899/3114	22	tuyau	II	SE.E.1	88-91 et 92	*Insula* 18, champ Charmey	-	-
1900/3169	10	tuyau	II	-	185	Théâtre	-	-
1902/3324	20	tuyau	II ?	-	100-153 env.	*Au Lavoëx*, champ Favre. Il s'agit probablement des carrés K15-16	-	-
CT 1903/3811	37	chaudière?	-	-	-	*À la Conchette*, *insula* 21	-	-
1907/4537	45	indéterminé, récipient?	-	-	-	*À la Conchette*. Il s'agit éventuellement de l'*insula* 26	-	-
CT 1908/4658	31	tuyau	-	-	-	-	-	-
1911/5016	51	contrepoids de vanne?	-	-	-	Palais de *Derrière la Tour*. Aile thermale L-M, canalisation collectrice interne St 85	-	début du IIIe s. ap. J.-C.?
1912/5128	41	indéterminé, bassin?	-	-	-	*En Perruet*, fouilles Jomini. Il s'agit éventuellement de l'*insula* 29	-	-
1912/5139	54	indéterminé, bassin?	-	-	-	Près du village de Corcelles-près-Payerne, dans la propriété de M. Fritz Thévoz	-	-
60/1542	49	plaque d'étanchéité?	-	-	-	Carré P 8	-	-

Fig. 93

Aventicum. *Les éléments hydrauliques en plomb. Tableau récapitulatif.*

Inv.	N°	Désignation	Tuyau, type	Assemblage de tuyaux, type	Périmètre intérieur du tuyau	Lieu de découverte	Ensemble stratigraphique (K)	Datation de l'ensemble stratigraphique
70/7377	53	indéterminé, clé de robinet?	-	-	-	*Insula* 10 Est, maison centrale	4017	40/50–80 ap. J.-C. (1 fragment post-romain)
70/7677a	36	raccord de conduite	-	-	-	*Insula* 10 Est, maison centrale	3862	IIe–IIIe s. ap. J.-C.
70/7681	46	indéterminé, récipient?	-	-	-	*Insula* 10 Est, maison sud. Pièce L37	3821	-
89/8044-01	26	tuyau?	-	-	-	Palais de *Derrière la Tour*, aile thermale L-M	8044	IIIe s. ap. J.-C.
90/7831-100	25	chute de tuyau	II	-	-	*En Chaplix*, en amont du canal	7831	50–200/250 ap. J.-C.
91/9076-01	35	raccord de conduite	I A	-	104-150	fouilles *Prochimie, Conches Dessous, Aux Prés Laits*, carré T 11	9076	150–200 ap. J.-C.
93/9391-01	19	chute de tuyau	II ?	-	153	*Insula* 13	9391	70–100/120 ap. J.-C.
96/10065-45	28	tube, tuyau?	-	-	-	*Insula* 20	10065	Ier–IIIe s. ap. J.-C. et matériel post-romain
97/10279-13	50	plaque d'étanchéité?	-	-	-	*En Selley, insula* 56	10279	IVe s. ap. J.-C.
97/10301-03	9	tuyau	II	-	90	*En Selley, insula* 56	10301	IVe s. ap. J.-C.
97/10353-01	52	garniture de coin	-	-	-	*En Selley, insula* 56	10353	Ier–IIe s. ap. J.-C.? (seul. 2 fragm. de céramique datant)
99/10909-04	4	tuyau	I A	hors typologie	155 env.	Théâtre	10909	Ier–début du IIe s. ap. J.-C.
03/11661-04	21	tuyau	II	SE.E.1	89	*Forum, cardo* entre les *insulae* 33 et 34, dans une couche de démolition générale supérieure remaniée	11661	Ier–IIIe s. ap. J.-C.
03/11682-01	17	tuyau	II	-	102 env.	Dans la voirie, au carrefour du *cardo* à l'ouest du *forum* et du *decumanus* passant entre les *insulae* 27 et 33	11682	2e moitié du Ier s. ap. J.-C., (3 fragm. IIe–IIIe s.)
03/12108-03	7	tuyau?	I E	-	-	Voirie, à l'entrée ouest du *forum* sur le *decumanus maximus*	12108	IIe–IIIe s. ap. J.-C.
03/12488-05	13	tuyau	II	-	79	Carrés O-P 9, *domus* au nord des *insulae* 3 et 4	12488	2e moitié du Ier–IIe/ IIIe s. ap. J.-C.
05/13846-01	14	tuyau	II	-	110	*Cardo* entre les *insulae* 13 et 14	13846	-
08/13237-01	5	tuyau	I A	-	175	*Insula* 3	13237	150–250 ap. J.-C.
BHM 14770	32	tuyau	-	-	-	-	-	-
-	33	tuyau	-	-	-	*Derrière la Tour*. Aile nord du palais, espace couvert entre la salle d'apparat ornée de la mosaïque de Bacchus et Ariane et la cour. Carré K 10	-	début du IIIe s. ap. J.-C.?
-	34	tuyau	-	-	-	*Conches Dessous*, vraisemblablement *insula* 12	-	-
-	40	bassin	-	-	-	*Derrière la Tour*. Aile nord du palais. Carré K 10	-	début du IIIe s. ap. J.-C.?

***Fig. 93** (suite)*

Fig. 94

Analyses isotopiques réalisées par B. Guénette-Beck dans le cadre de sa thèse (Guénette-Beck 2005, p. 289, objet n° 119; inv. 91/9076-1; cf. supra, *n° 35).*

N° / inv. / analyse	119 / 91/9076-1 / AVE 506			
Pb-isotopes	**Résultats d'analyses**			
	$^{208}Pb/^{204}Pb$	38.425	+ 0.009	- 0.035
	$^{207}Pb/^{204}Pb$	15.629	+ 0.003	- 0.014
	$^{206}Pb/^{204}Pb$	18.405	+ 0.004	- 0.014
	$^{208}Pb/^{206}Pb$	2.08778	+ 0.00025	- 0.00100
	$^{207}Pb/^{206}Pb$	0.84915	+ 0.00008	- 0.00021

Fig. 95

Analyses métallographiques réalisées en janvier 1999 à l'aide du spectrographe travaillant sous atmosphère d'argon de l'affinerie Metaleurop de Villefranche sur Saône (France), à la demande d'A. Cochet. Données inédites.

	N° 22		N° 23		N° 38										N° 47	N° 54
	D13	D14	D11	D12	D5	D6	D7	D8.1	D8.2	D8.3	D8.4	D8.5	D9	D10	D4	D15
Pb	99.7642	99.7827	99.8791	99.8563	99.5901	99.4800	99.5623	99.3847	99.4449	99.3327	99.5088	99.4178	99.4337	99.4848	99.9172	99.8525
Ag	0.0010	0.0021	0.0079	0.0112	0.0066	0.0062	0.0063	0.0090	0.0062	0.0062	0.0064	0.0069	0.0067	0.0064	0.0070	0.0057
Bi	0.0008	0.0010	0.0006	0.0006	0.0019	0.0024	0.0022	0.0027	0.0024	0.0024	0.0024	0.0025	0.0018	0.0025	0.0006	0.0022
As	0.0002	0.0001	0.0073	0.0137	0.0018	0.0039	0.0028	0.0054	0.0035	0.0038	0.0036	0.0041	0.0018	0.0036	0.0002	0.0008
Cd	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Cu	0.1116	0.1553	0.0042	0.0027	0.0455	0.0632	0.0643	0.0673	0.0883	0.0550	0.0515	0.0655	0.0540	0.0619	0.0115	0.0530
Ni	0.0150	0.0114	0.0019	0.0025	0.0007	0.0009	0.0009	0.0009	0.0014	0.0008	0.0006	0.0009	0.0011	0.0009	0.0010	0.0008
Sb	0.0032	0.0016	0.0574	0.0597	0.0086	0.0104	0.0108	0.0123	0.0106	0.0112	0.0112	0.0113	0.0097	0.0088	0.0268	0.0090
Sn	0.0533	0.0053	0.0101	0.0003	0.3051	0.3901	0.3171	0.3823	0.3824	0.3726	0.3691	0.3766	0.4234	0.3598	0.0003	0.0146
Zn	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0004	0.0003	0.0003	0.0002	0.0004	0.0002	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002	0.0006
Te	0.0002	0.0003	0.0001	0.0000	0.0002	0.0003	0.0001	0.0004	0.0002	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0001	0.0003
Se	0.0004	0.0004	0.0004	0.0002	0.0004	0.0007	0.0003	0.0008	0.0006	0.0005	0.0000	0.0005	0.0006	0.0005	0.0004	0.0006
S	0.0070	0.0036	0.0138	0.0063	0.0018	0.0023	0.0020	0.0030	0.0026	0.0029	0.0018	0.0026	0.0024	0.0023	0.0015	0.0054
Sr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Ba	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
In	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Tl	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Cr	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0001	0.0002	0.0002	0.0005	0.0002	0.0003	0.0004	0.0001	0.0001	0.0001
Co	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
Cu/Sb	34.4537	98.9236	0.0729	0.0444	5.2969	6.0604	5.9620	5.4607	8.3117	4.9186	4.6023	5.7829	5.5826	7.0227	0.4292	5.9053

La soudure à la louche des fontainiers de Versailles

En raison de sa toxicité, le plomb est un métal aujourd'hui fort peu utilisé par des artisans travaillant selon des techniques traditionnelles. Les fontainiers du Service des fontaines de Versailles, Marly et Saint-Cloud restent ainsi parmi les derniers artisans d'Europe à perpétuer cet art de la plomberie en entretenant et restaurant l'ensemble du réseau hydraulique des fontaines de Versailles. Or ce réseau est constitué non seulement de canalisations en fonte, mais également de conduites en plomb. Dans ce cadre monumental et historique, lorsqu'une pièce visible par le public doit être remplacée, l'éthique impose que celle-ci ait non seulement la même apparence, mais également qu'elle soit refaite selon des techniques anciennes.

Le savoir-faire des fontainiers du roi Louis XIV s'est donc transmis au-delà des siècles et est encore exercé de nos jours. Or ce savoir-faire est très proche de celui des plombiers romains, pour le moins en ce qui concerne l'assemblage de deux tuyaux ou de deux éléments hydrauliques. Nous n'avons en effet aucun doute que la technique de base, à savoir la soudure à la louche, est bien la même. Cependant, l'outillage et les matériaux à disposition, ainsi que des coups de main différents ont indéniablement induit des variantes dans la pratique de cette technique. La plus manifeste est sans conteste le rendu côtelé des soudures à la louche versaillaises, mais des études plus approfondies, par exemple métallographiques, permettraient peut-être d'en mettre d'autres en évidence.

La soudure la plus complexe permet d'assembler deux objets de métal différents, tel un tuyau en plomb et un ajutage en bronze.

Dans un premier temps, les artisans vont apprêter les zones concernées afin d'assurer une bonne prise de la soudure. En l'occurrence, l'extrémité du tuyau en plomb est passée à la râpe, tandis que le bronze est poli et recouvert d'un décapant, la stéarine. Garantie supplémentaire, cette dernière pièce est également étamée. Les deux pièces sont alors emboîtées et ajustées au mieux.

Les préparatifs continuent par la délimitation de l'emprise du nœud de soudure. Pour ce faire, du noir de fumée, un mélange de dextrine, suie et eau, est appliqué aussi bien sur le plomb que sur le bronze. La soudure, même si elle déborde sur cette limite, ne pourra pas adhérer sur ce mélange.

Pendant ce temps, un lingot de plomb allié à 33% d'étain (cet alliage est communément appelé étain, d'où l'expression soudure à l'étain) est mis à chauffer dans un chaudron. Un bac est également installé sous l'emboîture à souder et

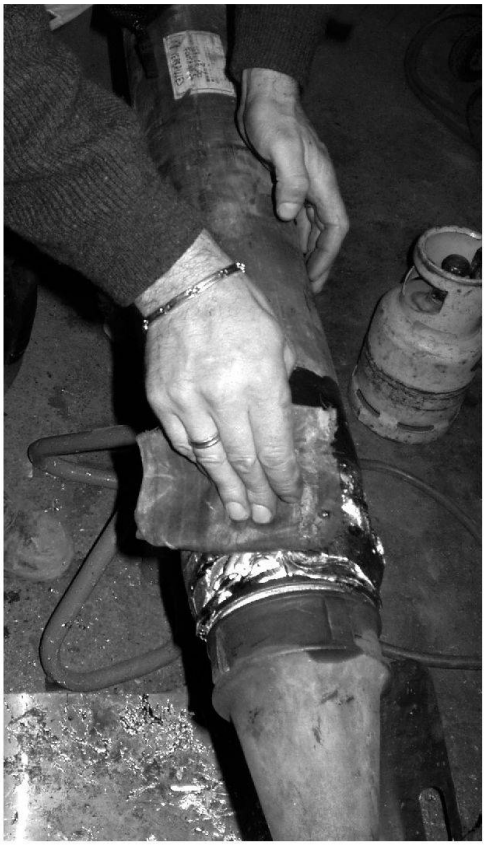


Fig. 96
Mise en forme du nœud de soudure «à la main», avec le porte-soudure (à gauche) et formation des côtes à l'aide du fer Mahon (à droite). Par le fontainier Jean-Pierre Bianchin.

le porte-soudure réchauffé pour l'assouplir. Le porte-soudure est en fait une toile épaisse, telle une bure, que l'on a fait préalablement bouillir dans du suif.

L'emboîture est alors chauffée au chalumeau, toute la difficulté résidant dans l'obtention d'une température homogène bien que le tuyau et l'ajutage constituent des masses très différentes et ne soient pas façonnées dans le même métal.

Tous ces préparatifs effectués, la soudure à la louche *stricto sensu* peut commencer. À l'aide d'une louche, un artisan prend de l'étain dans le chaudron et le verse sur l'emboîture. Seule une partie de cet alliage adhère au métal, le reste tombant dans le bac. Celui-ci, en se refroidissant, devient pâteux. Il est alors repris et appliqué «à la main», avec le porte-soudure. Les artisans créent ainsi très rapidement un nœud de soudure en forme d'olive. Selon des textes anciens, les fontainiers de Louis XIV effectuaient cette opération en deux minutes seulement.

Particularité versaillaise, le nœud de soudure est alors côtelé à l'aide du fer Mahon, un outil préalablement chauffé au rouge cerise. Cette phase ne répond pas seulement à une volonté décorative; elle permet surtout d'assurer la cohésion de la soudure, de la solidifier, en particulier sur les bords du nœud.

Finalement, l'étain qui aurait débordé sur le noir de fumée est enlevé avec un burin, une simple brosse permettant d'éliminer ledit noir de fumée.

Comme on peut le voir à travers ces quelques lignes, la soudure à la louche est une opération technique complexe qui requiert de nombreuses étapes, la présence de plusieurs artisans et une bonne synchronisation. Sa réalisation à l'époque romaine, sans l'outillage moderne, en particulier les chalumeaux pour chauffer les pièces à assembler à la bonne température, devait être le fait d'artisans maîtrisant parfaitement leur art.

Bibliographie

Revues, séries et sigles

AS
Archéologie suisse, Bâle.

ASSPA
Annuaire de la Société suisse de préhistoire et d'archéologie, Bâle.

BPA
Bulletin de l'Association Pro Aventico, Avenches.

CAR
Cahiers d'archéologie romande, Lausanne.

Doc. MRA
Documents du Musée romain d'Avenches, Avenches.

GAS
Guides archéologiques de la Suisse.

Jber.AK
Jahresberichte aus Augst und Kaiseraugst, Liestal/Augst.

MEFRA
Mélanges de l'Ecole française de Rome. Antiquité, Rome.

MRA
Musée romain d'Avenches.

RAE
Revue archéogique de l'Est et du Centre-est, Dijon.

RHV
Revue historique vaudoise, Lausanne.

ZAK
Zeitschrift für schweizerische Archäologie und Kunstgeschichte, Zürich.

Monographies et articles

Barbet/Allag 1972
A. Barbet/C. Allag, Techniques et préparation des parois dans la peinture murale romaine, *MEFRA* 84, 1972, p. 935-1069.

Blanc *et al.* 1995
P. Blanc/A. Hochuli-Gysel/M.-F. Meylan Krause/C. Meystre, Recherches sur les quartiers nord-est d'*Aventicum*. Fouilles 1991-1995, *BPA* 37, 1995, p. 5-112.

Blanc *et al.* 1999a
P. Blanc/A. Duvauchelle/A. Ogay, Avenches/*En Selley*: rapport sur les investigations réalisées en 1997-1998, *BPA* 41, 1999, p. 7-23.

Blanc *et al.* 1999b
P. Blanc/M.-F. Meylan Krause/A. Hochuli-Gysel/A. Duvauchelle/A. Ogay, Avenches/*En Selley*, investigations 1997: quelques repères sur l'occupation tardive d'un quartier périphérique d'*Aventicum* (*insula* 56). Structures et mobilier des IIIe et IVe s. ap. J.-C., *BPA* 41, 1999, p. 25-70.

Blanc *et al.* 2007
P. Blanc/J.-P. Dal Bianco/L. Francey/N. Vuichard Pigueron, Chronique des fouilles archéologiques 2007, *BPA* 49, 2007, p. 227-243.

Bonnet 1982
F. Bonnet, Le canal romain d'Avenches. Rapport sur les fouilles exécutées en 1980 et 1981, *BPA* 27, 1982, p. 3-55.

Bonnet/Martin 1982
Ch. Bonnet/M. Martin, Le modèle de plomb d'une fibule anglo-saxonne de Saint-Pierre à Genève, *AS* 5, 1982.4, p. 210-224.

Bossert 1979
M. Bossert, Eine römische Bleiwanne aus den Thermen von Iuliomagus (bei Schleitheim), *ZAK* 36, 1979, p. 205-219.

Bossert/Fuchs 1989
M. Bossert/M. Fuchs, De l'ancien sur le *forum* d'Avenches, *BPA* 31, 1989, p. 12-105.

Bursian 1867-1870
C. Bursian, *Aventicum Helvetiorum* (*Mittheilungen der antiquarischen Gesellschaft in Zürich* 16, Abt. 1, Heft 1-4), Zürich, 1867-1870.

Castella 1994
D. Castella, *Le moulin hydraulique gallo-romain d'Avenches «En Chaplix»* (*Aventicum* VI; *CAR* 62), Lausanne, 1994.

Castella/Meylan Krause 1994
D. Castella/M.-F. Meylan Krause, La céramique gallo-romaine d'Avenches et de sa région. Esquisse d'une typologie, *BPA* 36, 1994, p. 1-126.

Castella/Meylan Krause 1999
D. Castella/M.-F. Meylan Krause, Témoins de l'activité des potiers à *Aventicum* (Avenches, Suisse), capitale des Helvètes, du Ier au IIIe siècle après J.-C., *in: SFECAG, Actes du congrès de Fribourg* (13-16 mai 1999), Gonfaron, 1999, p. 71-88.

Cochet 2000
A. Cochet, *Le plomb en Gaule romaine. Techniques de fabrication et produits* (*Monographies Instrumentum* 13), Montagnac, 2000.

Cochet/Hansen 1986
A. Cochet/J. Hansen, *Conduites et objets de plomb gallo-romains de Vienne (Isère)* (*Gallia*, suppl. 46), Paris, 1986.

Delbarre-Bärtschi/Bossert 2006
S. Delbarre-Bärtschi/M. Bossert, Une nouvelle salle de réunion aux portes du *forum* d'*Aventicum*. Mosaïque à décor géométrique et banquette à décor de lions, *BPA* 48, 2006, p. 9-47.

Drack 1997
W. Drack, *Zur Geschichte des Wasserhahns. Die römischen Wasser-Armaturen und mittelalterlichen Hahnen aus der Schweiz und dem Fürstentum Liechtenstein* (*Mitteilungen der Antiquarischen Gesellschaft in Zürich* 64), Zürich, 1997.

Duvauchelle 1999
A. Duvauchelle, Un atelier de métallurgie du plomb du Bas-Empire à Avenches/*En Selley*, investigations 1997, *BPA* 41, 1999, p. 133-146.

Eschbach/Castella 1995
F. Eschbach/D. Castella, L'atelier de tuiliers d'Avenches «En Chaplix», *BPA* 37, 1995, p. 143-188.

Espérandieu 1913
E. Espérandieu, *Recueil général des bas-reliefs de la Gaule romaine. Vol. 5: Belgique*, Paris, 1913.

Fahlbusch 1982
H. Fahlbusch, Über Abflussmessung und Standardisierung bei den Wasserversorgungsanlagen Roms, *in:* Frontinus-Gesellschaft e. V. (Hrsg.), *Wasserversorgung im Antiken Rom, Sextus Iulius Frontinus, curator aquarum* (*Geschichte der Wasserversorgung* 1), München/Wien, 1982, p. 129-144.

Fischer 2002
T. Fischer, *Noricum* (Sonderbände der *Antike Welt*; *Zaberns Bildbände zur Archäologie*; *Orbis Provinciarum*), Mainz am Rhein, 2002.

Floriani Squarciapino 1952
M. Floriani Squarciapino, Ostia. Situla in piombo, *in: Notizie degli scavi di antichità. Regione I (Latium et Campania), Atti della Accademia nazionale dei Lincei* 349, série 8, vol. 6, Roma, 1952, p. 42-46.

Freudiger 2001
S. Freudiger, L'*insula* 18 à Avenches, *BPA* 43, 2001, p. 163-195.

Fuchs 2000
M. Fuchs, *Vallon. Musée et mosaïques romaines* (*GAS* 30), Fribourg, 2000.

Fuchs 2003
M. Fuchs, *La Maison d'Amour et des Saisons. Construction et décor d'un quartier d'Avenches. L'insula 10 Est et la peinture murale d'époque sévérienne*, thèse de doctorat inédite, présentée à la Faculté des lettres de l'Université de Lausanne, Lausanne, 2003.

Gockel 1982
B. Gockel, Bilddokumente, *in:* Frontinus-Gesellschaft e. V., (Hrsg.), *Wasserversorgung im Antiken Rom, Sextus Iulius Frontinus, curator aquarum* (*Geschichte der Wasserversorgung* 1), München/Wien, 1982, p. 145-215.

Grezet 2006
C. Grezet, Nouvelles recherches sur les aqueducs d'*Aventicum*, *BPA* 48, 2006, p. 49-106.

Guénette-Beck 2005
B. Guénette-Beck, *Minerais, métaux, isotopes: recherches archéométriques sur les mines de plomb et d'argent en Valais, Suisse*, thèse de doctorat inédite, présentée à la Faculté des sciences de l'Université de Lausanne, Lausanne, 2005.

Guénette-Beck/Furger 2004
B. Guénette-Beck/A. R. Furger, Blei für Augusta Raurica, *Jber.AK* 25, 2004, p. 245-272.

Hochuli-Gysel (dir.) 2001
A. Hochuli-Gysel (dir.), Avenches, capitale des Helvètes, *AS* 24, 2001.2.

Jomini 1903
F. Jomini, Fouilles des particuliers 1898-1902, *BPA* 8, 1903, p. 30-34.

Jomini 1907
F. Jomini, Fouilles des particuliers 1903-1907, *BPA* 9, 1907, p. 24-36.

Jomini 1912
F. Jomini, Fouilles des particuliers. Acquisitions du Musée. 1910-1912, *BPA* 11, 1912, p. 15-20.

Kaphengst/Rupprecht 1988
C. Kaphengst/G. Rupprecht, Bildanhang: Mainz, *in*: Frontinus-Gesellschaft e. V. (Hrsg.), *Die Wasserversorgung antiker Städte: Mensch und Wasser, Mitteleuropa, Thermen, Bau/Materialien, Hygiene* (*Geschichte der Wasserversorgung* 3), Mainz am Rhein, 1988, p. 199-203.

Lehner 1987
H.-J. Lehner, Die Ausgrabungen in Sitten «Sous-le-Scex». Zwischenbericht über die Arbeiten von 1984 bis 1987, *AS* 10, 1987.4, p. 145-156.

Marchis/Scalva 2001
V. Marchis/G. Scalva, La science et les techniques de l'eau, *in:* A. Ciarallo/E. de Carolis (dir.), *Pompéi. Nature, sciences et techniques*, catalogue d'exposition du Palais de la Découverte à Paris (3 avril-22 juillet 2001), Milan, 2001, p. 291-293 et 317-327.

Martin Pruvot 1998
Ch. Martin Pruvot, Orbe VD, Boscéaz, mur d'enclos de la *villa*, *in:* Chronique archéologique 1997, *ASSPA* 81, 1998, p. 305-306.

Martin Pruvot 2006
Ch. Martin Pruvot, *L'insula 19 à Avenches. De l'édifice tibérien aux thermes du IIe siècle* (*Aventicum* XIV; *CAR* 103), Lausanne, 2006.

Meylan Krause 2004
M.-F. Meylan Krause, *Aventicum. Ville en vues* (*Doc. MRA* 10), Avenches, 2004.

Monteix *et al.* 2005
N. Monteix/M. Pernot/V. Monaco/B. Chiaretti, Fouilles de l'atelier de métallurgie du plomb (VI, 12) et de la boutique VI, 15 en façade de la Casa del Salone Nero à Herculanum, *Rivista di studi pompeiani* 16, 2005, p. 262-274.

Monteix *et al.*, sous presse
N. Monteix/M. Pernot/A. Coutelas, La metallurgia del piombo tra archeometria e approcci classici , *in:* P. G. Guzzo/M. P. Guidobaldi (dir.), *Nuove ricerche archeologiche nell'area vesuviana (scavi 2003-2006)*, Studi della SAP, Roma, sous presse.

Morel *et al.* 1998
J. Morel/J.-P. Dal Bianco/M. Meystre/A. Pantet, Chronique des fouilles archéologiques 1998, *BPA* 40, 1998, p. 209-232.

Morel *et al.* 2001a
J. Morel/D. Castella/S. Frey-Kupper/Ch. Martin Pruvot, L'*insula* 12 et les quartiers adjacents à Avenches, *BPA* 43, 2001, p. 7-139.

Morel *et al.* 2001b
J. Morel/P. Blanc/J.-P. Dal Bianco/A. Pantet, Chronique des fouilles archéologiques 2001, *BPA* 43, 2001, p. 267-277.

Morel *et al.* 2003
J. Morel/P. Blanc/J.-P. Dal Bianco/G. Matter *et al.*, Chronique des fouilles archéologiques 2003, *BPA* 45, 2003, p. 159-190.

Morel *et al.*, à paraître
J. Morel *et al.*, *Le palais de Derrière la Tour à Avenches* (*Aventicum*; *CAR*) à paraître.

Ms. Ritter 1786
E. Ritter, *Antiquités de la Suisse*, Bildatlas, ca. 1786. Burgerbibl. Bern, Mss. Hist. Helv. XXIa. 91. 2.

Ms. Schmidt 1750-1752
S. Schmidt, *Monumenta Aventicensia annis 1750, 1751 et 1752 eruta delineavit et notis nonnulis illustravit S. Schmidt VDM*. Ms. MRA, Fol. 35.

Ms. Schmidt/Grüner 1751
S. Schmidt/J. R. Grüner, *Aventicum Romanorum sive antiquitatis Romana vestigia in Ruinis Aventici (...) Dominus Samuel Schmidt gymnasiarcha Scholae Bernensis... 1751 vidit... delineavit mihique... communicavit depingendum Johanni Rodolpha Grunero... 1751 (...)*. Burgerbibl. Bern, Mss. Hist. Helv. XI,2 (15).

Ms. Secretan 1911
É. Secretan, *Monuments romains d'Avenches*, Rapport annuel adressé au Comité des monuments historiques, mai 1911, Archives de la Commission fédérale des monuments historiques, Berne, Actes 40, n° 1649, 2.

Paunier *et al.* 1987
D. Paunier/J. Bernal/D. Castella *et al.*, *Le vicus gallo-romain de Lousonna-Vidy. Rapport préliminaire sur la campagne de fouilles 1984* (*Lousonna* 6; *CAR* 40), Lausanne, 1987.

Ratel *et al.* 1977
R. Ratel/S. Deyts/R. Sénéchal/B. Hofmann/G. Sennequier/M. Dhenin/M. Chabeuf/J. Puissegur, La nécropole gallo-romaine de «Gratte-Dos», commune de Meuilley (Côte-d'Or), *RAE* 28, 1977, p. 63-98 et 235-274.

Ritter 1788
E. Ritter, *Mémoire abrégé et Recueil de quelques Antiquités de la Suisse avec des Desseins levés sur les lieux depuis 1783*, Berne, 1788.

Schaltenbrand Obrecht 1995
V. Schaltenbrand Obrecht, Römische Scheibenkopfnägel sind kein Abfall!, *ASSPA* 78, 1995, p. 168-169.

Schiøler 1999
T. Schiøler, Die Mechanik und Technologie römischer Bronzepumpen: zu einem Fund aus Aventicum/Avenches VD, *Helvetia Archaeologica* 117, 1999, p. 10-30.

Secretan 1888
E. Secretan, Le plan d'*Aventicum*. Texte explicatif, *BPA* 2, 1888, p. 8-56.

Serneels 2005
V. Serneels, Les traces de métallurgie dans le *vicus* de *Lousonna*, *in:* S. Berti Rossi/C. May Castella *et al.*, *La fouille de Vidy «Chavannes 11» 1989-1990: trois siècles d'histoire à Lousonna. Archéologie, architecture et urbanisme* (*Lousonna* 8; *CAR* 102), Lausanne, 2005, p. 287-302.

Weidmann *et al.* 1993
D. Weidmann *et al.*, Chronique des fouilles archéologiques 1992, *RHV* 101, 1993, p. 139-216.

Crédit des illustrations

Sauf mention, les photos d'objets du MRA ont été réalisées par A. Schneider (MRA) et les dessins d'objets et reconstitutions graphiques par C. Matthey.

Fig. 1
D'après Fahlbusch 1982, Tab. 3-4.

Fig. 2
D'après Cochet 2000, fig. 56a et 66.

Fig. 3
Graphique A. Duvauchelle; mise au net D. Castella.

Fig. 4
D'après Cochet 2000, fig. 81a.

Fig. 5a
Dessin D. Castella, d'après Grezet 2006, fig. 6, fig. 32 et carte 1.

Fig. 5b
Dessin D. Castella.

Fig. 6
D'après Cochet 2000, fig. 87.

Fig. 8
Bursian 1868, pl. IV, 4.

Fig. 47, 83
Dessins M. Gerber.

Fig. 50
Ms. Schmidt 1752, p. 4.

Fig. 51
Aquarelle E. Ritter (1786). Archives MRA.

Fig. 53
Photo J. Zbinden, Berne.

Fig. 57
Dessin C. Matthey; mise au net L. Francey.

Fig. 65
Photo C. Zaugg, SAEF.

Fig. 66
D'après Bossert 1979, p. 213.

Fig. 69
Ms. Schmidt 1752, p. 30.

Fig. 85
Photo M. Krieg, MRA.

Fig. 86
Journal des fouilles de 1911-1912. Archives MRA.

Fig. 94
D'après Guénette-Beck 2005, p. 289.

Fig. 96
Photos A. Duvauchelle.