

Zeitschrift: Bulletin de l'Association Pro Aventico
Herausgeber: Association Pro Aventico (Avenches)
Band: 48 (2006)

Artikel: Nouvelles recherches sur les aqueducs d'Aventicum
Autor: Grezet, Cédric
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-246262>

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 16.01.2026

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

Nouvelles recherches sur les aqueducs d'Aventicum

Cédric GREZET

Résumé

De nouvelles données de fouilles ainsi qu'une approche méthodologique différente ont permis de réactualiser la dernière grande synthèse relative aux aqueducs d'Aventicum, datant de 1969. Nous avons obtenus de nombreuses informations nouvelles grâce à une collaboration active avec un sourcier, ainsi qu'en employant d'autres méthodes de prospection.

Les tracés de six, et celui d'un nouveau et éventuel septième aqueduc ont donc pu être proposés depuis leurs captages jusqu'à leurs aboutissements en ville. D'une longueur variant entre un peu plus de 200 m et 19,495 km, ces conduites prenaient, toutes, naissance dans les collines sises au sud-est et à l'est d'Aventicum.

Une autre nouveauté consiste au repérage théorique par prospection des châteaux d'eau qui se situaient en contre-haut de la ville antique et au rattachement d'un aqueduc aux citernes finales qui alimentaient les thermes d'En Perruet. En outre, nous avons reconnu la présence de nombreuses branches secondaires sur plusieurs aqueducs qui s'étendaient, pour certaines, sur une distance considérable.

La technique de construction s'apparente fortement à celle des structures similaires dans l'Empire romain, à quelques exceptions près. Les rares tronçons que nous avons pu étudier nous informent sur les matériaux utilisés et démontrent une certaine homogénéité dans la construction des branches principales et quelques variations en ce qui concerne les conduites secondaires.

Outre la recherche des différents tracés, de leurs aboutissements et de la technique de construction, cet article aborde également des études concernant les pentes et les débits. Des comparaisons avec d'autres aqueducs de la partie occidentale de l'Empire, et plus spécifiquement avec ceux situés en Gaule, terminent la présente étude.

Zusammenfassung

Neue Ausgrabungsergebnisse und ein anderer methodischer Ansatz ermöglichten es, die letzte grosse Synthese von 1969 über die Wasserleitungen von *Aventicum* zu aktualisieren. Wir haben neue Resultate vor allem dank einer engen Zusammenarbeit mit einem Rutengänger und, der Anwendung anderer Prospektionsmethoden erhalten.

Die Trassen von sechs und einem eventuell siebten, neuen Aquädukt konnten demzufolge von den Quellen bis zu ihren Enden innerhalb der Stadt vorgeschlagen werden. Alle diese Leitungen, die zwischen 200 m und 19,5 km lang waren, fassten Quellen in den Hängen der Hügel, welche im Südosten und im Osten von *Aventicum* liegen.

Neue Erkenntnisse betreffen die theoretische Ortung der Wasserschlösser durch Prospektion, welche in den Hängen oberhalb der Stadt lagen, und die Verbindung eines Aquädukts mit der Thermenanlage von *En Perruet*. Ausserdem konnten von mehreren Aquädukten Nebenleitungen über weite Strecken verfolgt werden.

Hinsichtlich der technischen Aspekte unterscheiden sich die Wasserleitungen aus Avenches nicht wesentlich von den anderen Leitungen des römischen Reichs. Die wenigen Abschnitte, die beobachtet werden konnten, geben uns Informationen bezüglich der benutzten Materialien und weisen auf eine gewisse Einheitlichkeit im Bau der Hauptleitungen hin, während einzelne Abweichungen in der Ausführung der Nebenleitungen bestehen.

Ausser der Suche nach den Trassen der Leitungen, den Wasserschlössern und einer Studie über technische Aspekte werden in diesem Artikel auch verschiedene Berechnungen über Gefälle und Durchflussmengen durchgeführt. Schliesslich wird eine Gegenüberstellung mit anderen Wasserleitungen aus der westlichen Reichshälfte, vorwiegend aus Gallien, angestellt.

Sommaire

1. Introduction.....	51
2. Méthodologie.....	51
2.1. Cartographie des aqueducs d'Aventicum – explications	51
2.2. Documentation ancienne et moderne.....	52
2.3. Analyse cartographique.....	52
2.4. Prospections et autres méthodes d'investigation	53
2.5. La prospection en collaboration avec un sourcier	53
3. Les données hydrologiques de la plaine aventicienne	56
3.1 La pluviométrie	56
3.2 Les sources	56
3.3 Les cours d'eau	58
3.4 Les lacs, la nappe phréatique et les marais	59
4. Les aqueducs d'Aventicum	61
4.1. Les tracés	61
L'aqueduc de Bonne Fontaine	
L'aqueduc de Coppet	
L'aqueduc d'Oleyres	
L'aqueduc du Bois de Châtel 1	
L'aqueduc du Bois de Châtel 2	
L'aqueduc du Bois de Châtel 3	
L'aqueduc du Creux de la Vigne, conduite romaine ou drainages post romains?	
4.2. Les aboutissements	81
Les châteaux d'eau	
Les citernes	
4.3. La technique de construction	85
Les conduites principales	
Les conduites secondaires	
5. Les données chiffrées	86
5.1. Dimensions du canal des différents tronçons observés.....	86
5.2. Calculs	88
La longueur des tracés	
Les pentes	
Les débits	
5.3. Réflexions chronologiques.....	90
6. Comparaisons et parallèles.....	91
6.1. Comparaisons générales.....	91
6.2. Éléments comparatifs	93
7. Conclusions et directions de recherches	97
Annexe: comptes-rendus des données des fouilles récentes	98
Crédit des illustrations	102
Bibliographie	103
Cartes	après p. 106

1. Introduction

Depuis les débuts de la sédentarisation, la disponibilité de l'eau en plus ou moins grande quantité a déterminé le choix de l'emplacement des établissements ; il s'agit d'une réalité qui a perduré jusque dans notre millénaire.

A l'époque romaine, les besoins en eau ont considérablement augmenté, car elle était omniprésente dans de nombreux aspects de la vie quotidienne. D'utilité dans les habitations privées, les ateliers et les fontaines publiques, elle était souvent aussi d'agrément dans les jardins et les nymphées. L'hygiène était un autre facteur bénéfique que pouvait apporter l'eau, que ce soit dans les thermes ou par l'intermédiaire de systèmes d'égouts qui évacuaient les immondices hors du périmètre de l'établissement.

La profusion en eau était un luxe qui contribuait au prestige d'une cité et qui se matérialisait souvent par la construction d'aqueducs et de leurs ouvrages d'art. Toutefois, l'eau provenant de ces conduites généralement enterrées n'était pas toujours essentielle¹.

Les aqueducs, de par leur ampleur et leur technique de construction, ont de tout temps fasciné les érudits locaux ou les voyageurs qui ont rencontré ces vestiges. Les premiers chercheurs et les écrivains, surtout ceux appartenant au courant romantique, ont parcouru de grandes distances afin d'observer le Pont du Gard ou la monumentalité des arches du Latium. Les populations autochtones, elles aussi, se sont fréquemment interrogées au sujet de ces structures, sans systématiquement les comprendre. Ainsi, à Avenches, les théories les plus farfelues ont circulé. Certains ont pensé que ces aqueducs servaient à acheminer du vin de la campagne jusqu'en ville où il était ensuite transvasé dans des amphores². D'autres se sont intéressés à la technique de construction, comme ceux qui croyaient que le mortier de tuileau était mélangé à du sang de bœuf pour le rendre plus résistant³. Les témoignages qui ont assimilé les aqueducs à des tunnels secrets, servant de galeries de fuite d'un château ou d'un monastère, étaient légions. Ces conduites semblaient indéniablement mystérieuses, comme le prouvent les abondantes mentions des Sarrasins en rapport avec les tronçons visibles⁴.

Après un début plein d'interrogations et, parfois, d'incompréhension, l'étude des aqueducs a fait un grand bond en avant durant le siècle passé. De grands programmes scientifiques ont été menés dans plusieurs pays, notamment en Allemagne, en France et en Espagne. Les chercheurs ont partagé leurs résultats, ce qui a contribué à améliorer les connaissances sur le sujet. Le champ d'étude s'est considérablement élargi et de nouveaux domaines de

recherche sont apparus, faisant parfois appel à des spécialistes, notamment à des architectes, à des physiciens, à des géologues ou encore à des hydrologues.

Cet article a pour but de présenter les résultats d'un mémoire de licence, soutenu à l'Université de Lausanne en 2006 sous la direction du professeur Thierry Luginbühl. L'avantage d'un travail universitaire est de pouvoir effectuer des recherches intercantionales, passant d'une circonscription archéologique à une autre, ce qui est fort appréciable dans une région aussi morcelée que la Broye. Malgré le nombre assez élevé de travaux déjà publiés, de nouvelles données archéologiques, des approches plus vastes du sujet, mais aussi des techniques de recherche inédites nous ont permis d'avoir un regard nouveau sur le dossier des conduites aventiciennes. Depuis la dernière synthèse⁵, un très grand nombre d'aménées d'eau ont été étudiées dans les quatre coins de l'Empire romain, ce qui a facilité la compréhension et l'application concrète de l'ingénierie hydraulique romaine et de ce fait, l'étude des aqueducs d'*Aventicum*.

2. Méthodologie

2.1. Cartographie des aqueducs d'Aventicum – explications

Tous les tronçons d'aqueduc issus des recherches antérieures, des données de fouilles et des prospections ont été reportés à l'origine sur une carte vectorisée à l'échelle 1:5'000⁶. Les pastilles orange représentent les points de la première catégorie, les cercles de la même couleur marquant le rayon de précision quand la localisation des tronçons dans les textes n'est pas assez claire. Toutes les informations les concernant, tronçon par tronçon, figurent dans des fiches contenant leur localisation, leur description et leur bibliographie, fiches qui peuvent être consultées dans le travail de mémoire⁷. Les pastilles bleu clair, quant à elles, situent les points d'aqueducs qui ont été reconnus dans le terrain après la prospection menée en collaboration avec un sourcier. Quand les deux catégories se superposent, la pastille de couleur bleu clair apparaît avec un liseré orange. Les tracés en eux-mêmes sont figurés par une ligne interrompue bleu foncé, car il s'agit d'hypothèses et non de tronçons avérés, du moins pour une grande partie d'entre eux. Les cartes contiennent aussi d'autres informations, telles que les noms des sources dans la région du *Moulin de Prez*, ainsi que la trame urbaine, les monuments les plus importants et le rempart d'*Aventicum*.

Les appellations des repères sur les tracés des aqueducs sont constituées d'une multitude de lettres et de chiffres, séparés par des points. Le premier groupe de lettres et parfois de chiffres, signale de quelle conduite il s'agit, BF étant l'aqueduc de Bonne Fontaine, C celui de Coppet, O celui

¹ Cf. ci-dessous, chapitre 3. «Les données hydrologiques de la plaine aventicienne».

² PARENT 1800-1810, p.147; OLIVIER 1942, p.57; l'interprétation est identique pour l'aqueduc de Cologne (BURSIA 1869, p.66).

³ OLIVIER 1942, p.57.

⁴ Mur des Sarrasins, Trou des Sarrasins, Canna des Sarrasins; ces derniers ont souvent été mis en rapport avec des phénomènes étranges ou avec des structures énigmatiques.

⁵ AUBERT 1969.

⁶ GREZET 2006, volume annexe, p. 3-37. Dans cet article, les cartes sont à l'échelle 1:10'000, cf. cartes 3 à 7.

⁷ GREZET 2006, volume annexe, p. 84-151.

d'Oleyres, BC1 celui du Bois de Châtel 1, BC2 celui du Bois de Châtel 2, BC3 celui du Bois de Châtel 3 et finalement CV celui du Creux de la Vigne. Le «S» et le «P» qui peuvent éventuellement figurer après un point, signifient «conduite secondaire» ou «repère issu de la prospection». En découle que, si la lettre P manque, nous avons affaire à une mention dans la littérature ou dans les données de fouilles. Finalement, ce sont les chiffres en fin d'appellation qui individualisent un repère par rapport à un autre sur un même tracé. Cela semble assez compliqué, raison pour laquelle nous allons nous pencher sur quatre exemples concrets :

- BC1.2 signifie: aqueduc du Bois de Châtel 1, mentionné dans la littérature ou les données de fouilles, tronçon 2
- O.S.1 signifie: aqueduc d'Oleyres, mentionné dans la littérature ou les données de fouilles, conduite secondaire, tronçon 1
- C.P.28 signifie: aqueduc de Coppet, issu des prospections, point 28
- BF.P.S.10 signifie: aqueduc de Bonne Fontaine, issu des prospections, conduite secondaire, point 10

Ces appellations ne sont pas uniquement destinées aux cartes des aqueducs d'Avenches, puisqu'elles sont également employées pour tout point de tracé concret abordé dans cet article.

2.2. Documentation ancienne et moderne

Les sources antiques, textes et inscriptions, sont instructives et nous livrent une multitude d'informations concernant de près ou de loin les aqueducs⁸. Des domaines aussi variés que les aspects juridiques, l'organisation de l'administration des eaux, le financement et la technique de construction y sont abordés. Mais il est vrai que ces sources concernent souvent Rome et qu'il est difficile d'extrapoler ces données dans les provinces romaines.

La documentation moderne comporte les travaux publiés par des chercheurs de ces 350 dernières années, ainsi que les données issues des investigations archéologiques de la deuxième moitié du XX^e siècle. Certaines informations s'avèrent plus sérieuses que d'autres, notamment par le fait que les chercheurs se sont rendus sur le terrain, tandis que d'autres se bornent à citer des témoignages antérieurs sans jugement. La rigueur scientifique a également évolué. On retrouve une kyrielle de sources différentes: récits de voyages, témoignages oraux, articles de presse, lettres adressées à des sociétés historiques, mentions isolées de tronçons dans des revues historiques, quelques synthèses, une étude technique plus poussée ainsi que des rapports de fouilles.

Nous ne reviendrons pas sur une grande partie de l'historique de la recherche qui a déjà été traitée dans les grandes synthèses sur les aqueducs d'*Aventicum*⁹. Commençons plutôt à partir de la dernière de ces synthèses. Elle

est l'œuvre de Jean-Pierre Aubert qui traite le sujet dans son mémoire de licence¹⁰ et sous forme d'un article¹¹ un an après. Ses travaux sont d'une grande qualité et nous ont été particulièrement précieux en ce qui concerne les conduites de Bonne Fontaine, de Coppet et d'Oleyres. Ils ont marqué en effet le point de départ de nos propres recherches, et, après un nouvel examen, les parcours proposés pour ces trois aqueducs n'ont pas fait l'objet de changements majeurs, du moins pas dans les premières parties des tracés. De nouvelles méthodes et des données de fouilles récentes permettent toutefois d'aller encore plus loin dans la détermination des parcours des aqueducs. A l'exception de deux tronçons, les conduites du Bois de Châtel 2 et 3 n'ont pas véritablement été traitées par J.-P. Aubert. Une prospection active et une récolte d'informations auprès de la population de la part de ce chercheur, lui ont toutefois permis de proposer une quantité de nouveaux tronçons. Mais par dessus tout, il est le premier à proposer des tracés concrets sur quasiment toute la longueur des conduites de Bonne Fontaine, de Coppet, d'Oleyres et de celle du Bois de Châtel 1, en les faisant figurer sur d'excellentes cartes.

Dans le quatrième fascicule, consacré à l'eau, de la série «A la recherche de la Déesse des Helvètes: Aventia», Henri Sarraz, ancien responsables des eaux et forêts de la commune d'Avenches, traite des aqueducs avenchois¹². Ses réflexions sont malheureusement en grande partie erronées et elles ne correspondent pas à l'état de la recherche de son époque. Il faut toutefois lui accorder la première mention d'un nouveau tronçon.

L'étude la plus récente émane d'un chercheur italien, Italo Riera, et concerne un aspect technique des conduites qui n'a étonnamment pas été mis en évidence auparavant¹³.

Outre les publications, des interventions archéologiques dans les cantons de Fribourg et de Vaud nous ont livré de nombreuses informations qui sont résumées sous forme de tableaux dans les annexes.

2.3. Analyse cartographique

Avant de se rendre sur le terrain pour procéder à des prospections, il faut effectuer une étude poussée des cartes topographiques afin de savoir dans quelles régions on peut s'attendre à trouver des vestiges. Le premier pas consiste à retranscrire sur une carte les tronçons connus grâce aux recherches des auteurs modernes et des données issues des fouilles. Les altitudes des canaux font malheureusement souvent défaut, mais le positionnement de ces tronçons peut généralement être défini avec une précision plus ou moins grande. En partant en amont et en aval de ceux-ci, une zone que l'on nommera bande altimétrique est déterminée, grâce à l'étude précise des courbes de niveau sur une carte à l'échelle 1:5'000. Il s'agit d'une zone, contenant un

¹⁰ AUBERT 1968.

¹¹ AUBERT 1969.

¹² SARRAZ 1968.

¹³ RIERA 1997; cf. ci-dessous au chapitre 4., les paragraphes consacrés à la technique de construction.

⁸ GREZET 2006, p. 10-12.

⁹ OLIVIER 1942, p. 14-29; AUBERT 1968, p. 6-18; pour une vision plus critique des témoignages antérieurs, cf. GREZET 2006, p. 12-16.

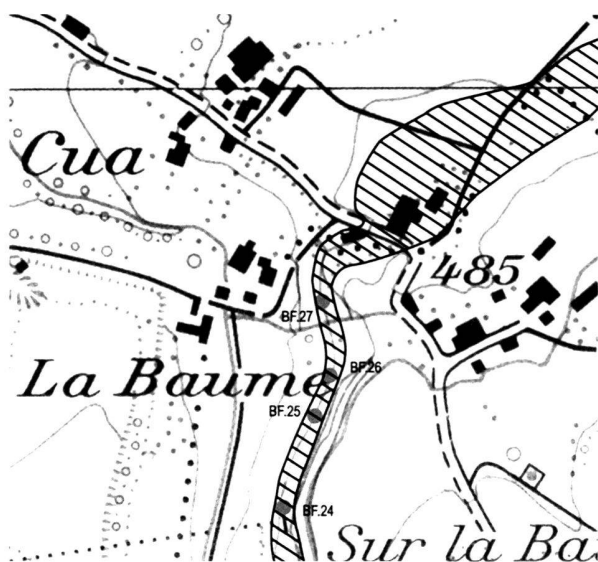


Fig. 1. Bande altimétrique du tracé de l'aqueduc de Bonne Fontaine au niveau de la Baume (échelle: 1:5'000).

minimum et un maximum altimétrique, dans laquelle l'aqueduc doit logiquement se situer (fig. 1).

Plus les tronçons connus sont nombreux et rapprochés, plus la bande est étroite et proche du véritable tracé. Par contre, si le terrain est assez plat, il en découle que cette bande sera plus large. Ce dernier cas de figure n'est pas très fréquent puisque les aqueducs sont très souvent construits à flanc de coteau. Des erreurs locales sont toujours envisageables, surtout quand on tient compte du fait que la topographie s'est modifiée au cours du temps, soit par des causes naturelles, comme l'assèchement ou le changement de lit de certains ruisseaux, soit artificiellement, en établissant des terrassements ou, au contraire, en réalisant des creusements pour de petites routes. Ce travail préparatoire accompli, il est dès lors possible de préciser les tracés hypothétiques des aqueducs grâce à différentes méthodes.

2.4. Prospections et autres méthodes d'investigation

Afin de se rapprocher le plus possible des véritables tracés, il est judicieux de faire appel à un maximum de procédés différents. De ce fait, nous avons eu recours aux prospections aérienne et terrestre, ainsi qu'à celle menée en collaboration avec un sourcier. Les résultats ont été intégrés dans la description des tracés des aqueducs. Le fonctionnement des deux premières méthodes étant largement connu, nous n'expliquerons que la dernière, objet du prochain chapitre.

Nous avons également fait appel à la toponymie, car les lieux-dits en relation avec l'eau ou des structures liées à ce liquide sont assez fréquents dans la région broyarde. Un article de Pierre Chessex en dresse un inventaire qui s'est avéré fort utile¹⁴.

Comme son champ d'étude était restreint aux environs immédiats d'Avenches, il a fallu compléter ses recherches

en examinant tous les autres lieux-dits dans les bandes altimétriques définies. Nous avons ainsi mis un autre toponyme en évidence, à savoir l'étymologie de *Romanex*, dans la commune de Léchelles/FR. Mis à part l'existence d'un probable relais à proximité du hameau de Vuaty et celle d'un fond d'amphore romaine trouvé sous le terrain de football du village, cette commune ne présente aucun autre signe de présence romaine. Or, d'après un document d'archives¹⁵, un aqueduc aurait été aperçu à *Romanex*.

Les conduites aventiciennes étant en très grande partie souterraines, nous ne disposons pas de toponymes sans équivoques, tels *Les Arches*, *Les Arcades*, *Le Canal* ou *Au vieux Pont*, comme on en retrouve souvent à proximité d'aqueducs en France. Il faut également signaler que les noms de lieu remontent quasiment tous au Moyen-Âge et ne sont pas des « témoins » directs de l'époque romaine.

2.5. La prospection en collaboration avec un sourcier

Les méthodes de recherches des sourciers ne sont pas encore reconnues par la communauté scientifique. Il n'empêche que beaucoup de personnes sollicitent leur aide quand il s'agit de trouver des sources sur leur terrain et les résultats sont probants. Mais peut-on faire appel à un sourcier pour trouver des tracés d'aqueducs? Il s'agit là d'une question légitime, surtout quand on sait qu'il n'y a plus ou seulement peu d'eau dans les conduites antiques. Les sourciers répondent que la présence d'eau n'est pas indispensable et qu'ils peuvent également trouver des anciens lits de rivière, à présent enfouis sous terre et complètement asséchés. Ce sont les sédiments qui sont chargés par le passage plus ou moins long de l'eau qu'ils perçoivent. Ces dépôts sont aussi présents dans les aqueducs, ou dans le sol quand ces structures ont été détruites, ce qui permet de repérer les conduites récupérées. Plus techniquement, ils ressentent des différences magnétiques qui forment des anomalies, tels des sédiments distincts, des cavités ou des structures en matériaux dissemblables du terrain environnant. Le contraste magnétique est plus important dans un sous-sol molassique que calcaire¹⁶, ce qui est commode car les couches géologiques supérieures de la Broye sont essentiellement composées de molasse.

A notre connaissance, aucun chercheur n'a jusqu'à présent entrepris une telle démarche, si ce n'est dans l'ex U.R.S.S. où des prospections relevant de l'urbanisme d'anciennes cités ont été effectuées à grande échelle¹⁷. Pour Yves Rocard, le meilleur scientifique francophone en la matière, « l'archéologie apparaît comme un des domaines les plus sûrs pour les sourciers, mais en Occident, l'archéologue qui ressent le besoin d'un concours scientifique préfère acheter un magnétomètre à protons qui lui permettra de publier des diagrammes et des relevés de meilleure apparence que les relevés d'un sourcier, obtenus cependant bien plus vite, à bien moindre prix, et finalement d'une utilité

¹⁴ CHESSEX 1951.

¹⁵ MEIER.

¹⁶ ROCARD 1997, p. 44-47 et p. 107-108.

¹⁷ ROCARD 1997, p. 109-110.

pratique bien analogue à celle du magnétomètre»¹⁸. Il faut noter que c'est quasiment toujours en corrélation avec les autres méthodes citées ci-dessus que les tracés des aqueducs d'Avenches ont été déterminés.

Au final, ce n'est qu'avec des sondages diagnostiques à des endroits bien choisis que l'on peut confirmer les tracés précédemment définis. Le choix de l'emplacement des sondages n'est pas sans importance, puisque les aqueducs peuvent se trouver à des profondeurs non négligeables. En effet, la profondeur des vestiges n'altère en rien la perception des sourciers. Si l'aqueduc se trouve à quatre mètres sous le sol actuel, la mise au jour des vestiges est trop laborieuse par rapport au résultat. Il faut donc étudier le terrain avec précision, avant de se lancer dans des fouilles. Des tronçons mis au jour par le service archéologique de l'État de Fribourg¹⁹, qui nous ont été signalés après la prospection, se trouvaient sur le tracé que nous avons déterminé, prouvant de la sorte que la méthode employée était tout à fait apte à fournir des résultats concluants.

Ce procédé de prospection peut cependant s'avérer problématique, surtout en milieu anthropique. Dans une agglomération moderne, les canalisations d'eau claire, les égouts, les gaines de téléphone, du téléseu et d'électricité, sont autant d'éléments perturbateurs. Plus l'agglomération est grande, plus ces anomalies sont importantes et rendent cette manière de prospecter quasiment impossible. A Avenches même, l'étendue de la ville antique ne coïncide pas entièrement avec le bourg moderne, car une grande partie des vestiges se situent en dehors de l'emprise moderne de la ville. En revanche, les nombreuses adductions actuelles qui descendent en grande partie du Bois de Châtel rendent la détermination des tracés plus difficile, ce qui entraîne nécessairement une moins grande fiabilité des résultats dans la ville *intra muros* et ses abords immédiats. Il faut aussi compter avec la présence d'égouts et de canalisations antiques dans ce périmètre. D'autres éléments peuvent influencer négativement la prospection dans la campagne, tout particulièrement dans les fonds de vallée et les talwegs. En premier lieu, il s'agit de cours d'eau naturels souterrains. Cependant, ceux-ci se discernent en général assez bien car ils tendent le plus directement possible, selon la configuration du terrain, vers le fond du vallon, contrairement aux aqueducs qui longent ces derniers. Ils sont même fréquemment perceptibles dans le relief du sol ou par un vert plus accentué de la végétation. Les drainages modernes ou anciens sont plus problématiques. D'une part, ils présentent souvent une largeur mouillée – correspondant à la partie qu'occupait l'eau – comparable aux conduites romaines et d'autre part, ils peuvent également suivre les vallons ou les talwegs²⁰. Il faut donc être particulièrement attentif et bien observer les environs si on ne veut pas être induit en erreur.

¹⁸ ROCARD 1997, p. 109-110.

¹⁹ SAEF 1977; SAEF 1992; SAEF 2001.

²⁰ Ce cas de figure se retrouve, par exemple, entre *Le Maupas Dessus* et la Baume. Les cours d'eau souterrains y sont abondants et les drainages sont très proches du tracé présumé de l'aqueduc de Bonne Fontaine.

La technique de prospection pratiquée en collaboration avec le sourcier a sans cesse été améliorée au cours de l'avancée des recherches sur le terrain. Nous avons commencé par l'aqueduc d'Oleyres qui était la conduite la moins bien connue. Sa première partie se situe sous le village d'Oleyres et n'a, de ce fait, pas fait l'objet de prospections. Par la suite, des points de la conduite ont été reconnus, plus ou moins espacés les uns des autres. Ils ont fait l'objet de prises de photos numériques et de relevés des coordonnées au moyen d'un GPS. La précision du GPS varie selon les conditions météorologiques et le type de terrain²¹. Elle est cependant assez grande pour retranscrire les coordonnées sur une carte à l'échelle 1:5'000 sans grandes erreurs de distances. Toutes ces données ont été répertoriées dans un rapport de prospection qui contient le nom des points, la catégorie de vestige (captage, tronçon, château d'eau, etc.), le tracé (coude, rectiligne, etc.), la localisation comprenant les coordonnées GPS, des remarques particulières ainsi que la date de prospection²².

Ce n'est qu'avec la recherche du second aqueduc, celui de Coppet, que la conduite a été suivie du départ à la fin sans interruption, si ce n'est dans les champs cultivés. Ceux-ci sont très nombreux dans la Broye et constituent un inconvénient de taille. Heureusement, la variété des cultures permet malgré tout l'accès, selon les saisons. C'est également au cours de la reconnaissance de cet aqueduc que la procédure a été définitivement arrêtée. Nous avons planté des piquets sur le tracé présumé, ce qui nous a per-



Fig. 2. Piquetage du tracé de l'aqueduc de Bonne Fontaine à proximité du Creux de la Chetta.

²¹ La précision du GPS utilisé est de l'ordre de ± 10 m, mais nettement moindre en milieu boisé.

²² GREZET 2006, p. 51-83.

mis d'observer physiquement le parcours de l'aqueduc (fig. 2). Puis, les coordonnées ont été relevées et des photos numériques prises à chaque endroit marquant, c'est-à-dire au début et à la fin des courbes, au niveau des coudes et parfois au milieu d'un tronçon rectiligne. Toutes les autres conduites ont par la suite bénéficié du même traitement.

Quels moyens sont à disposition du sourcier et comment en fait-il usage ? Il utilise deux baguettes à soudure de 2 mm de diamètre et d'un mètre de long, recourbées sur 20 cm à l'une des extrémités. Elles sont généralement appelées baguettes en « L », par opposition au coudrier, la traditionnelle baguette fourchue en noisetier²³. Après concertation avec le sourcier, nous avons choisi deux façons différentes de localiser les aqueducs, la plus usitée consistant à suivre les structures en les coupant perpendiculairement tous les 10 m. Quand la conduite dessinait une courbe, les distances ont été amoindries afin de bien marquer l'incurvation. Le sourcier tenait alors les deux baguettes droit devant lui et de manière parallèle comme un prolongement de ses bras, avant de commencer à avancer quelques mètres au-devant de l'endroit présumé de l'aqueduc (fig. 3).

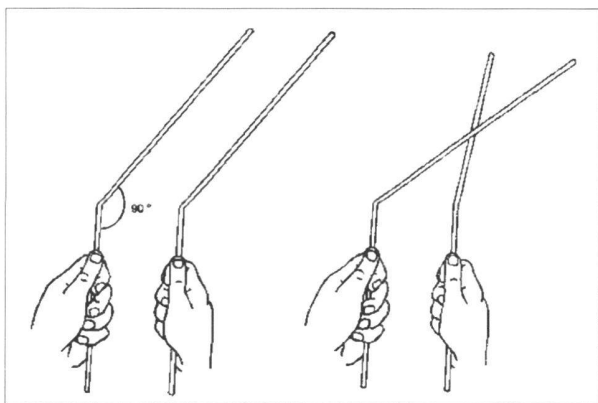


Fig. 3. Prise des baguettes en « L ».

Au moment où il traversait le canal, c'est-à-dire la partie mouillée ou anciennement mouillée de la structure, les baguettes se sont croisées. Elles restaient parallèles au canal jusqu'au bord de celui-ci, puis elles ont repris leur position initiale. Cette manière de mettre l'aqueduc en évidence présente l'avantage de pouvoir connaître la largeur de circulation de l'eau. Ce n'est pas anodin, car on peut parfois faire la différence entre un aqueduc ou les possibles perturbations déjà évoquées ci-dessus. Un piquet a alors été planté au centre du canal précédemment défini. En répétant ces actions tout au long de la conduite romaine, les piquets ont fait apparaître le tracé.

La seconde façon de prospecter comportait les mêmes étapes, mais une fois à l'intérieur du canal, le sourcier l'a suivi sur toute sa longueur, les baguettes étant croisées et à

angle droit par rapport à la structure. S'il déviait du tracé du canal, ces dernières se décroisaient automatiquement. Bien entendu, il était nécessaire de partir d'un tronçon connu et cela pour les deux façons de procéder. Des vestiges visibles ou un emplacement précisément localisé dans la littérature pouvaient former ce point de départ.

Un autre outil de travail est le fer à béton de 1,5 m de long, muni d'un rondin de bois à une extrémité, qui sert à sonder le sol afin de connaître la profondeur des vestiges (fig. 4). Comme les structures se situaient quasiment tou-



Fig. 4. Le sourcier Jean-Marie Barras, tenant le fer à béton.

jours à une profondeur trop importante, nous n'y avons eu recours que rarement. Certains endroits, comme les petites dépressions creusées par des ruisseaux, sont toutefois propices à l'utilisation du fer à béton. En observant bien les courbes de niveau, d'autres tronçons peuvent également être sondés. Il ne suffit pas de planter le fer à l'endroit supposé de l'aqueduc, car une pierre peut facilement donner l'impression d'avoir atteint la structure. Ainsi, il faut effectuer cette action plusieurs fois à quelques centimètres d'intervalle. Si on obtient le même résultat, c'est-à-dire la même profondeur pour chaque sondage, on peut en conclure qu'on est au niveau des vestiges. Par contre, il est impossible de savoir dans quel état de conservation sont les restes archéologiques et par conséquent, si on est parvenu jusqu'au sommet de la voûte ou au niveau du canal. Il faut être également attentif aux sons émis lors de cette opération ; les bruits sont différents selon qu'on sonde sur la structure même ou hors de son emprise.

²³ L'apparition des baguettes en « L » ne remonte pas au-delà des années 1930-1936, contrairement au coudrier dont on connaît des descriptions datant de 1410. Il semblerait que les premières soient plus usitées de nos jours ; ROCARD 1991, p. 1-11.

3. Les données hydrologiques de la plaine aventicenne

3.1. La pluviométrie

Selon Christian Maise, à l'époque romaine, le climat était assez semblable à celui que nous connaissons. On parle même de «l'optimum climatique de l'époque romaine»: «cette thèse a gardé sa pertinence jusqu'à aujourd'hui, dans la mesure où aucun refroidissement d'amplitude comparable à celle du «petit âge glaciaire», du 16^e au milieu du 19^e siècle, n'a été révélé entre 100 av. J.-C. et 400 ap. J.-C.²⁴» L'auteur nuance toutefois ce propos, car il signale de très légères détériorations vers 260 et 440 ap. J.-C. Si nous admettons que le climat est plus ou moins identique à celui de nos jours, il en va logiquement de même en ce qui concerne la pluviométrie.

L'eau de pluie revêtait une grande importance, car elle était jugée pure et les Romains la récoltaient souvent par le moyen de citernes²⁵. A notre connaissance, de tels aménagements récoltant les eaux de pluie des toitures n'ont pas été mis au jour à Avenches, puisque l'eau n'y était pas un élément rare²⁶. Le précieux liquide provenant des toits était par contre souvent récolté dans des caniveaux qui longeaient les côtés des péristyles, avant de se jeter directement dans le réseau des égouts ou dans des bassins d'agrément.

Des mesures des précipitations, effectuées à Payerne sur une période de 30 ans, démontrent que la pluie est plus

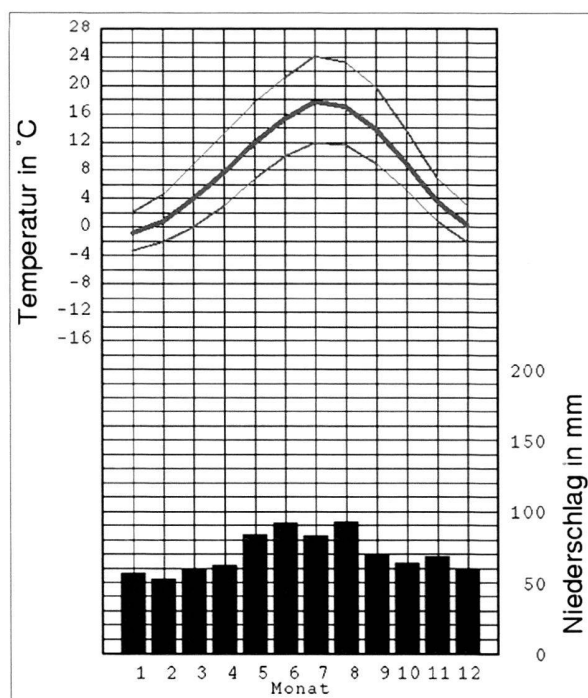


Fig. 5. Diagramme représentant les températures et les précipitations moyennes sur la période de 1961 à 1990 à Payerne.

²⁴ C. MAISE, Le climat, in: L. FLUTSCH, U. NIFFELER et F. ROSSI, *La Suisse du Paléolithique à l'aube du Moyen-Age (SPM), volume 5, Époque romaine*, Bâle, 2002, p. 30-31.

²⁵ VITRUVÉ, *De arch.* VIII.2.1.

²⁶ Cf. ci-dessous (sources, cours d'eau, nappe phréatique).

abondante durant les mois d'été qu'en hiver (fig. 5), ce qui est corroboré par les données d'autres stations du Plateau suisse. Si nous ajoutons à cela le fait que le niveau de pluie ne descend jamais au-dessous des 50 mm/m² sur la durée d'un mois, nous pouvons affirmer qu'il n'y a jamais véritablement de pénurie d'eau, aujourd'hui comme sans doute à l'époque romaine.

3.2. Les sources

Comme la carte hydrologique le démontre de manière très nette (carte 1), le flanc sud-est de la plaine aventicenne contient une importante quantité d'eau qui jaillit hors du relief par d'innombrables sources. Ce document cartographique est une compilation des données fournies par la carte géologique de Fribourg²⁷, de l'ouvrage d'hydrogéologie d'Aurèle Parriaux²⁸ et des résultats émanant de plusieurs sourciers. Sur les versants du Bois de Châtel et du Grand Belmont, on observe une ligne de sources qui est due à la présence d'une couche de marne imperméable entre des strates de grès du moliérien supérieur. Dans ce chapitre, nous n'aborderons que les secteurs qui alimentaient les aqueducs, ainsi que les sources dans la périphérie de la ville antique.

Le Moulin de Prez

Une partie des résurgences de la région du *Moulin de Prez* sont à l'origine de l'alimentation de la branche principale de l'aqueduc de Bonne Fontaine²⁹. Une étude très poussée de ces sources a été faite pour le compte de la brasserie Cardinal de Fribourg en 1968³⁰. La résurgence qui a très certainement alimenté le *caput aquae* est dénommée PN3, subdivisée en plusieurs petites branches qui descendent le petit ravin d'*En Sillyre*. Son débit, variant selon l'hydrométéorologie locale, a été mesuré à deux reprises et oscillait entre 1070 et 1165 l/min³¹. Ce volume considérable d'eau, d'une température plus ou moins constante de 9,5°, provient du plateau de Seedorf où un plancher morainique, constitué d'argiles à blocs, stoppe les eaux, avant qu'elles ne se déchargent dans le ravin. Ce dernier regorge de tuf, au point qu'un barrage naturel s'est formé à sa base, bloquant une grande masse aqueuse. Il est envisageable que l'aqueduc ait bénéficié de l'apport d'autres résurgences entre le *Moulin de Prez* et la ferme du *Grabou* (PN 4, PN 5 et PN 6). Ce secteur renferme de nombreuses émergences d'eau qui se réunissent en de petits ruisselets, avant de se jeter dans l'Arbogne. La température de l'eau s'échelonne entre 7,5° et 8,5° et les débits sont sujets aux variations météorologiques (PN 4 : 85 l/min et 65,46 l/min; PN 5 : 17,5 l/min et 9,2 l/min; PN 6 : 31,7 l/min et 30,2 l/min).

²⁷ PYTHON et al. 1998.

²⁸ PARRIAUX 1981.

²⁹ Pour la bibliographie, cf. GREZET 2006, volume annexe, p. 84; pour la localisation des sources, cf. carte 3.

³⁰ MORNOD 1968.

³¹ Dates des mesures: 22.03.1968 et 29.03.1968; météorologie: pluie et fonte des neiges du 21.03 au 22.03, puis beau temps, sec et doux.

Toutes les sources de la région sont pérennes, ce qui constitue une condition *sine qua non* pour l'alimentation d'un aqueduc.

Marais Galley

Une conduite secondaire de l'aqueduc de Bonne Fontaine tire son eau des *Marais Galley*, dans la partie nord de la forêt de Chanéa³². Comme l'indique son nom, la région est très marécageuse, à cause de son substrat marneux et de sa topographie assez plane. Il y a donc un grand réservoir naturel d'eau potentiellement exploitable.

Romanex

La branche secondaire de *Romanex*, qui fait partie de l'aqueduc de Bonne Fontaine, tire ses eaux des résurgences du sud du Grand Belmont. Les sources sont très abondantes au-dessus des lieux-dits *Romanex*, *Vigny* et *Les Creux* et elles peuvent éventuellement avoir été captées pour alimenter la branche secondaire. La tête de la conduite secondaire a été localisée par prospection au nord de *Romanex*³³, où au moins deux résurgences sortent de la molasse, mais de manière souterraine. Les débits des sources n'ont pas pu être déterminés.

Aux alentours de Granges-Rothey

Après prospection avec le sourcier, trois résurgences souterraines ont été repérées dans la forêt du Grand Belmont, au sud-est de Granges-Rothey, qui ont vraisemblablement été captées au profit de l'aqueduc de Coppet. Elles descendent sous terre le long d'un chemin creux, avant de converger peu avant le début de la conduite romaine, en contrebas de la forêt. Elles ne figurent pas sur la carte géologique et leur débit n'est pas connu. À Granges-Rothey même, les ingénieurs romains ont capté trois petites sources³⁴. Celle dite de la maison Badoud³⁵ présentait un débit de 180 l/min en 1909, celle de la fontaine Badoud environ 15 l/min et celle des coteaux de Russy 80 l/min. Il n'est pas exclu que d'autres ponctions aient été aménagées au passage dans le petit vallon du ruisseau de Coppet, où les sources abondent.

La Cabutse

Les résurgences de la *Cabutse*, d'où part l'aqueduc d'Oleyres, se trouvent toutes sur une ligne, se prolongeant jusqu'à la fin de la forêt du côté de Granges-Rothey. Elles alimentent actuellement une partie de la ville moderne d'Avenches. Leur débit est moyen, comme le prouve celle qui a été ponctionnée pour l'aqueduc, avec ses 80 l/min³⁶.

D'autres apports d'eau ont donc dû être recherchés le long du tracé de cette conduite.

Le Bois de Châtel

Le Bois de Châtel est un énorme réservoir d'eau naturel qui est sillonné par une ligne de sources, dont le débit moyen se situe entre 15 et 50 l/min pour chacune d'entre elles. Mais son débit peut être nettement plus élevé, atteignant notamment 438 l/min à l'emplacement du réservoir inférieur de la commune d'Avenches. Cette dernière et le village de Donatyre tirent par ailleurs encore aujourd'hui profit des nombreux captages de la colline. Une résurgence à l'ouest de la forêt recouvrant cette colline³⁷ et une ou plusieurs autres localisées dans la forêt au-dessus du lieu-dit *Champforêt*³⁸, contribuaient probablement à alimenter l'aqueduc d'Oleyres. Les sources près de la *Champignonnière*³⁹ et celles sises au nord-est de la forêt⁴⁰ devaient même être à l'origine des trois conduites du Bois de Châtel.

Les sources intra muros.

Plusieurs anciens chercheurs avenchois ont décrit les résurgences *intra muros* de la ville antique, sans pour autant avoir été exhaustifs. Depuis les travaux d'Auguste Caspari, elles sont au nombre de cinq et reviennent de façon récurrente chez les auteurs postérieurs, souvent sans description précise, si ce n'est l'indication de leur emplacement.

Au lieu-dit *Creux-aux-Patrons*, au nord, nord-est de la ville, se situe la source du même nom⁴¹. Son débit est de 115 l/min. Après avoir franchi le rempart, elle alimente une fontaine du domaine du *Russalet*. Elle servait autrefois à l'approvisionnement en eau de la villa suburbaine qui s'y étendait sur une vaste surface.

Une autre résurgence au-dessous du *Creux de la Vigne* est également mentionnée à plusieurs reprises⁴². Selon Eugène Olivier, le débit était de 5 l/min en 1942, procurant de l'eau à une porcherie. En revanche, A. Parriaux nous indique un chiffre avoisinant les 50 l/min sur sa carte hydrogéologique.

La source la plus importante de la ville *intra muros*, la Fontaine de Budère, est sise en contrebas du village de Donatyre⁴³. Bien que de nos jours son eau soit impropre à la consommation, au début du XX^e siècle, les Avenchois lui reconnaissaient plusieurs vertus, notamment « de faire passer le goût du vin aux ivrognes, de chasser le goitre, de combattre la fièvre, de guérir de la coqueluche ». C'est sans

³² Cf. le point BF.S.2 sur la carte 3.

³³ Cf. le point BF.S.3 sur la carte 4.

³⁴ VORLET 1910, p. 3 ; OLIVIER 1942, p. 34-36 ; cf. les points C.S.1 à C.S.3 sur la carte 5.

³⁵ Pour la nomenclature des maisons, cf. OLIVIER 1942, p. 35. La physionomie du hameau a considérablement changé, car des maisons ont été détruites et d'autres construites à des emplacements différents.

³⁶ CASPARI 1866-1867, lettre du 22.10.1867 ; OLIVIER 1942, p. 37 et 39 ; AUBERT 1969, p. 26 ; cf. les points O.1 et O.2 sur la carte 6.

³⁷ Cf. le point O.1 sur la carte 6.

³⁸ Cf. le point O.2 sur la carte 6.

³⁹ Cf. le point BC1.1 sur la carte 7.

⁴⁰ Cf. les points BC2.P.1 et BC3.P.1 sur la carte 7.

⁴¹ CASPARI 1866-1867 ; BURSIA 1867-1870, p. 27 ; OLIVIER 1942, p. 62 ; CHESSEX 1951, p. 67 ; PARRIAUX 1981, carte hydrogéologique (planche X.B).

⁴² CASPARI 1866-1867 ; BURSIA 1867-1870, p. 27 ; OLIVIER 1942, p. 62 ; PARRIAUX 1981, carte hydrogéologique (planche X.B).

⁴³ CASPARI 1866-1867 ; BURSIA 1867-1870, p. 27 ; SECRÉTAN 1919, p. 96 ; OLIVIER 1942, p. 6, 25, 31, 34 et 62 ; CHESSEX 1951, p. 49-50 et 53-58 ; PARRIAUX 1981, carte hydrogéologique (planche X.B).

doute la raison pour laquelle P. Chessex y situerait volontiers le sanctuaire d'*Aventia*. Plusieurs auteurs ont tenté de rattacher cette résurgence à un aqueduc qui aurait été démantelé à cet endroit, mais des fouilles ont définitivement réfuté cette théorie⁴⁴. La constance de sa température, aux alentours de 10°, plaide plutôt en faveur d'une source profonde, venant du sous-sol très humide de Donatyre. Le débit évalué est très variable, allant de 72 l/min à plus de 100 l/min.

Dans le même secteur, une autre source n'est citée que par sa localisation au lieu-dit *En Perrausaz*⁴⁵.

La dernière résurgence fréquemment mentionnée est celle qui se situe à proximité du théâtre romain, alimentant sans doute, selon Carl Bursian des fontaines dans le périmètre de cet édifice⁴⁶. Elle est qualifiée de petite et semble avoir été retrouvée et captée au début du XX^e siècle. Deux hypothèses prévalent quant à son emplacement précis: il s'agit soit de la résurgence qui a été décrite par Eugène Secrétan comme étant située dans un des vomitoires occidentaux de l'édifice de spectacle, soit de celle qui est en contre-haut dans le terrain, au sud-est de ce monument.

La carte géologique de Fribourg indique encore l'emplacement de quatre résurgences supplémentaires à l'intérieur de l'enceinte romaine qui sont actuellement toutes captées. Trois d'entre elles se situent dans le *temenos* des sanctuaires de la Grange des Dîmes et du temple rond. La dernière est au nord des thermes d'*En Perruet* avec un débit de plus de 100 l/min. Son emplacement, de justesse à l'intérieur de l'emprise de la nappe phréatique, indique plutôt une ponction de cette dernière. Mentionnons encore la forte présence d'eau souterraine sur les hauteurs de la ville antique, entre les lieux-dits *En Perrey Jaquemoux* et *Le Creux de la Vigne*, provenant de la terrasse aquifère de Donatyre. Ce fait constitue un grand problème pour les agriculteurs qui exploitent les champs du *Creux de la Vigne*. Ils l'ont partiellement résolu en aménageant tout un système de drainage. Ce n'est donc pas étonnant que l'aqueduc du Bois de Châtel 3 y compte deux prises d'eaux secondaires⁴⁷ et qu'un autre aqueduc de très faible longueur y prenne naissance⁴⁸.

3.3. Les cours d'eau

Comme nous l'avons vu, la région étudiée regorge de sources, dont l'eau est évacuée par d'innombrables petits ruisseaux et rivières. Nous traiterons seulement les cours d'eau les plus importants et ceux sis à proximité ou dans la ville d'*Aventicum*.

⁴⁴ A. PANTET, Chroniques des fouilles archéologiques 2002, coteaux de Donatyre, *En Budeire, Sur Saint-Martin, En Perrey Jaquemoux*, BPA 44, 2002, p. 159.

⁴⁵ CASPARI 1866-1867; BURSIA 1867-1870, p. 27.

⁴⁶ CASPARI 1866-1867; BURSIA 1867-1870, p. 27-28; SECRÉTAN 1919, p. 96; OLIVIER 1942, p. 6, 25, 31, 34 et 62; CHESSEX 1951, p. 49-50 et 53-58.

⁴⁷ Cf. les points BC3.P.S.1 et BC3.P.S.2 sur la carte 7.

⁴⁸ Il s'agit de la conduite hypothétique du *Creux de la Vigne*; cf. le point CV.P.1 sur la carte 7.

La Broye

La rivière la plus importante de la région est la Broye qui trouve ses origines dans les marais de Semsales/FR à 865 m d'altitude, au nord de Châtel-Saint-Denis/FR. Son bassin versant est de l'ordre de 570 km² et la longueur parcourue jusqu'au lac de Morat est de 79 km⁴⁹. Une fois parvenue dans la plaine aventicienne, la rivière perd beaucoup de sa rapidité et coule avec une pente moyenne de 1,25 ‰. Comme l'eau est tirée des sources et de la fonte des neiges dans la partie supérieure de son bassin versant, le débit varie fortement entre les saisons. À Payerne, on compte une moyenne de moins de 5 m³/s en été et plus du double en hiver et au printemps⁵⁰. Le débit évolue énormément entre Payerne et le débouché de la Broye dans le lac de Morat, où le chiffre de 150 m³/s a été avancé par P.-L. Rothery, atteignant même en période d'inondation des débits entre 500 et 700 m³/s⁵¹. Cette différence de régime est due au grand nombre d'affluents qui se déversent dans la Broye, principalement en toute fin de parcours. Les fortes crues ayant occasionné de nombreux problèmes, le cours d'eau a été endigué entre Henniez et Granges-Marnand lors des années 1856 à 1860. Ces travaux se révélant infructueux, la Broye a ensuite été canalisée entre Domdidier/FR et Avenches, lui donnant un nouveau parcours. L'ancien cours de la rivière, que l'on appelle communément ancienne Broye, longeait de manière plus rapprochée qu'aujourd'hui les collines morainiques situées entre Dom-pierre/FR et Avenches.

L'Arbogne

Dans l'ordre de grandeur vient ensuite l'Arbogne qui est une rivière résultant de trois affluents, l'Arbogne de Corserrey, l'Arbogne de Torny et l'Arbogne Dessus ou Arbogne de Villarimboud. Tous ces affluents se rejoignent à l'ouest de Prez-vers-Noréaz/FR, avant d'entrer dans une vallée profondément encaissée dans la molasse qui porte d'ailleurs son nom. Elle y reçoit un grand apport d'eau, notamment à la hauteur du *Moulin de Prez*⁵² et par deux ruisseaux qui ont creusé de profonds escarpements. Le ruz des Chaudaires, qui se jette dans l'Arbogne à la hauteur du *Moulin des Arbognes*, et le ruz du Creux, qui rejoint l'Arbogne entre Cousset/FR et Corcelles-près-Payerne, sont les cours d'eau qui ont fortement entaillé le substrat molassique. Ces deux vallons ont d'ailleurs été de gros obstacles pour les ingénieurs romains lors de la planification et de la réalisation de l'aqueduc de Bonne Fontaine. Au sortir du village de Cousset/FR, l'Arbogne est une rivière plus tranquille qui se jetait autrefois dans l'ancienne Broye, à l'ouest de Dom-pierre/FR. De nos jours, elle reprend le lit abandonné de la Broye et se déverse dans la rivière principale de la plaine à environ 2 km du lac de Morat.

⁴⁹ ROTHEY 1917, p. 34.

⁵⁰ PARRIAUX 1981, p. 30-33, fig. 11.

⁵¹ ROTHEY 1917, p. 37-38; il faut cependant se méfier de ces chiffres, car le débit serait plus grand que celui de l'Aar lorsque la basse ville de Berne est menacée d'inondations.

⁵² Cf. ci-dessus, chapitre 3.2. «Les sources».

Le Chandon

Le Chandon débute au sud-ouest de Léchelles/FR, dans les terrains marécageux du lieu-dit *Les Lucelles*, non loin de la ligne de partage des eaux. De l'autre côté de cette ligne, l'eau se dirige vers le ruz du Creux pour aboutir dans l'Arbogne. Après avoir franchi Léchelles/FR, le Chandon entre dans sa propre vallée, beaucoup trop large pour lui, ce qui témoigne de son ancienne puissance. Cette vallée a par la suite été progressivement comblée par les alluvions que le ruisseau charriait. Puis, il contourne les collines du Grand Belmont et du Bois de Châtel par l'est, avant de se diriger vers le nord-ouest pour se déverser dans le lac de Morat au sud-ouest de Faoug. Plusieurs anciens bras du Chandon ont été mis au jour près du moulin hydraulique et de la nécropole d'*En Chaplix*, à bonne distance du lit actuel⁵³.

La Longeaigue

L'origine du cours d'eau dénommé Longeaigue se situe dans le hameau de Coppet. Il est le prolongement du ruisseau de Coppet provenant de Granges-Rothey et reçoit l'eau du ruisseau d'Oleyres. Ses sources se situent ainsi toutes sur le versant nord-ouest du Grand Belmont. Après la réunification de ces cours d'eau, la Longeaigue entre dans un petit vallon où elle est rejointe par l'aqueduc de Bonne Fontaine et surtout par celui de Coppet. Un petit affluent, la Gotala, s'y déverse avant qu'elle ne contourne la colline morainique proche de *La Croix*, au sud-ouest d'Avenches. Le ruisseau s'éloigne ensuite de la ville et se déverse dans l'Arbogne, anciennement dans la Broye, à proximité du haras national. La Longeaigue est tranquille d'apparence, mais elle peut rapidement se déchaîner par forte pluie. La conduite de Coppet en a d'ailleurs fait les frais, car elle a été en partie arrachée du banc de molasse qui la protégeait.

Le Ruz

On s'approche à présent de l'enceinte de la ville antique d'Avenches, où coule le Ruz. Il tire son eau de deux bras provenant du nord du Bois de Châtel, coulant par la suite dans un petit vallon qui suit la muraille sur son côté sud jusqu'au *Faubourg*. Ce petit obstacle a dû être pris en considération par les ingénieurs romains, car pas moins de trois aqueducs devaient le franchir. Il semble qu'il ait été canalisé dans un égout, au moins à partir du *Faubourg*, où la dénivellation est nettement moindre. Ce dernier est connu à deux endroits différents, sous l'ancien Hôtel des Bains et devant la porte de l'Ouest, où il change de direction, suivant sans doute l'ancienne voie romaine en direction de Payerne⁵⁴. L'ensablement de l'ordre de 50 à 100 m³/an de particules de molasse constitue un des problèmes majeurs de ce ruisseau. Il a donc fallu entretenir les cloaques très régulièrement afin d'éviter les inondations. Aujourd'hui, le Ruz est canalisé depuis le *Faubourg* et se jette dans le ruisseau du Bey. Ce dernier, ainsi que deux autres appelés tous

deux Eau noire, sont des canaux de drainages modernes pour assainir les environs. À l'époque romaine, il est probable que le Ruz aboutissait dans les marais.

Les cours d'eau intra muros

La Ria, aussi appelé la Chenau, est le principal cours d'eau *intra muros*. Il s'agit d'un ruisseau qui récolte l'eau de la Fontaine de Budère, descendant ensuite assez rapidement au niveau du théâtre romain, se prolongeant en direction du nord-ouest et coupant de la sorte la ville antique en deux. À notre connaissance, il n'existe pas d'égouts qui auraient pu le canaliser à proximité immédiate du lit actuel. Nous constaterons toutefois plus loin qu'un système d'égouts a été mis au jour dans la région⁵⁵. Dans la partie inférieure de la ville, le ruisseau a probablement emprunté l'un des grands collecteurs qui déversaient leurs eaux de l'autre côté de l'enceinte⁵⁶. Quoiqu'il en soit, la canalisation du cours et son ensablement étaient sources de problèmes pour les habitants d'Aventicum.

Un second minuscule cours d'eau prend naissance à l'intérieur du rempart. Ce ruisseau, issu de la source du *Creux-aux-Patrons* et de longueur très modeste, traverse l'enceinte et se dirige vers le lieu-dit *Le Russalet*, où il alimentait sans doute, comme nous l'avons vu, la *villa suburbana* du même nom.

3.4. Les lacs, la nappe phréatique et les marais

Les lacs

Selon les analyses de Michel Magny, les lacs du Jura français étaient plus bas entre 100 av. et 200 ap. J.-C., puis ils sont remontés au III^e siècle ap. J.-C., avant de redescendre au IV^e siècle de notre ère⁵⁷. Le niveau des lacs a augmenté par la suite, particulièrement après la « petite glaciation » du XVI^e siècle. La première correction des eaux du Jura en 1870 a ensuite abaissé les plans d'eau de 2 m. Les fouilles entreprises au débouché du canal et du port romain d'Avenches ont démontré que le niveau moyen du lac de Morat était légèrement plus haut⁵⁸. Les lacs de Neuchâtel et de Morat étaient d'une grande importance pour le transport de marchandises et de matériaux de construction qu'il fallait acheminer par chalands jusqu'à la capitale helvète. Ces embarcations utilisaient donc plus ou moins les mêmes voies navigables qu'aujourd'hui.

La nappe phréatique

La nappe phréatique n'a probablement pas évolué, si on part du principe que le niveau des lacs n'a pas beaucoup changé et qu'il n'y a pas plus de pluie aujourd'hui qu'autrefois. Elle peut par contre fortement varier à court terme, lors de périodes de pluies abondantes. Elle est sans doute

⁵³ D. CASTELLA et al., *Le moulin hydraulique gallo-romain d'Avenches «En Chaplix»* (CAR 62, Aventicum VI), Lausanne, 1994, p. 12 et 31.

⁵⁴ SARRAZ 1968, p. 71-73 et photo 25.

⁵⁵ Cf. ci-dessous, le chapitre suivant.

⁵⁶ L'égout qui passe sous la route du Moulin présente une hauteur sous clef de plus de 2 m (BLANC 2001, fig. 29).

⁵⁷ C. MAISE, Le climat, in: L. FLUTSCH, U. NIFFELER et F. ROSSI, *La Suisse du Paléolithique à l'aube du Moyen-Age (SPM), volume 5, Époque romaine*, Bâle, 2002, p. 30-31.

⁵⁸ Documentation de fouilles des années 1975 et 1978 (MRA).

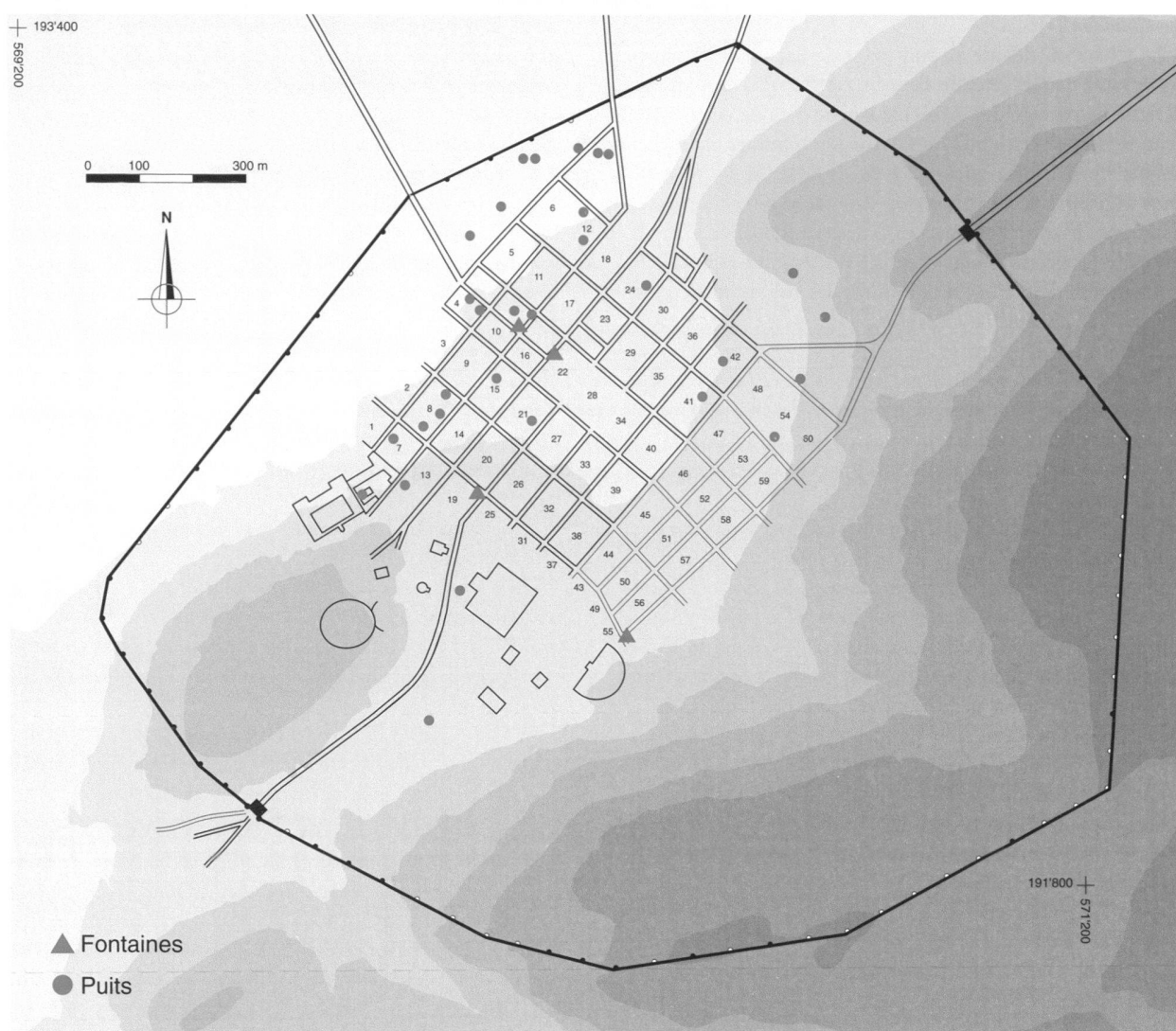


Fig. 6. Carte de répartition des puits et fontaines d'Aventicum.

alimentée par des infiltrations dues à la pluie, aux cours d'eau et aux sources. La Broye ne contribue à la gonfler qu'en cas de crues. En temps normal, c'est plutôt la nappe aquifère qui a tendance à s'écouler dans la rivière⁵⁹. Des mesures ont révélé que la température de l'eau souterraine, constante, avoisine les 11°⁶⁰.

A proximité d'Avenches, la nappe s'étend plus ou moins jusqu'à la route cantonale Lausanne-Berne, mais fait deux incursions de l'autre côté de la chaussée, dont une s'étendant entre autres sur les zones du *forum* et sur une partie de l'emprise des sanctuaires (carte 1). Lors de la sécheresse de l'été 1976, la cote minimale de l'eau était de 449 m dans la région du Cigognier. Elle pouvait toutefois atteindre 451,20 m comme cela a été le cas pendant les fouilles de 1939-1940⁶¹. Relevons également que la limite de la nappe aquifère contourne la colline morainique de la vieille ville,

avant de repasser de l'autre côté de la route cantonale, à l'emplacement de la nécropole de la porte de l'Ouest.

Sa présence s'avère cependant être un atout majeur pour l'implantation de la cité d'Aventicum, car les habitants disposaient ainsi de grandes quantités d'eau pérenne sur une vaste partie de l'emprise de la ville. Il suffisait de creuser des puits pour avoir de l'eau à volonté. La carte de répartition de ces structures démontre que les Avenchois en ont largement fait usage (fig. 6). On n'en rencontre pas moins de 18 dans la partie basse d'Avenches, deux dans le quartier des sanctuaires et six dans la partie élevée de la ville. Ces derniers ne sont plus dans le périmètre de la nappe. On peut donc en déduire qu'ils sont alimentés par des cours d'eau souterrains ou qu'ils ont été implantés au-dessus de poches souterraines imperméables. Il faut préciser que la carte de répartition ne prend en considération ni l'élément chronologique, ni l'aspect technique. Elle est aussi tributaire de l'état de la recherche, certains quartiers ayant été davantage explorés que d'autres.

Les pilotis que l'on met fréquemment au jour dans la ville d'Avenches sont un témoignage indirect de la nappe

⁵⁹ PARRIAUX, 1981, p. 314.

⁶⁰ PARRIAUX 1981, p. 317.

⁶¹ BRIDEL 1982, p. 6.

aquifère. Comme le terrain n'était pas assez stable, il fallait plus solidement fonder les murs. Ces pieux étant souvent conservés, tout comme les canalisations en bois dans certains quartiers, il ne fait aucun doute que ces éléments périssables sont restés immergés dans l'eau quasiment sans interruption.

Les marais

Il est difficile de fixer l'étendue des marais à l'époque romaine. Nous ne disposons que de témoins indirects. Ce sont des routes qui s'éloignent de la ville en direction du nord à travers deux portes et une poterne. Toutes sont bordées de nécropoles, dont celle à caractère aristocratique d'*En Chaplix*, ce qui étaye l'hypothèse qu'il existait des terrains plus ou moins asséchés au nord de l'enceinte. Le port qui se situe à plus d'un kilomètre au nord et le moulin gallo-romain d'*En Chaplix* constituent d'autres indices. Par contre, la zone sise au nord de la route romaine menant à Payerne devait être fortement marécageuse. Les drainages actuels ne sont d'ailleurs pas si anciens. Les terrains *intra muros* de Lavoëx et du Cigognier étaient également humides à cause d'une légère dépression et de l'eau provenant du ruisseau de la Ria. Les ingénieurs romains ont donc dû canaliser ces eaux stagnantes par le biais d'un vaste système d'égouts⁶².

4. Les aqueducs d'Aventicum

4.1. Les tracés

Pour une meilleure compréhension, nous recommandons de consulter les cartes 3 à 7 lors de la lecture des chapitres consacrés aux parcours des différentes conduites aventiciennes.

L'aqueduc de Bonne Fontaine

Région du Moulin de Prez

De tous les aqueducs qui alimentaient jadis la ville d'Avenches., celui de Bonne Fontaine est le plus long. La majeure partie de l'eau qu'il transportait provient de la région du *Moulin de Prez*, où, nous l'avons vu, une grande quantité d'eau pérenne était disponible (BF.1)⁶³. J.-P. Aubert envisage trois localisations pour le captage : l'hypothèse la plus probable se situe, d'après lui, entre le chemin menant à Prez-vers-Noréaz/FR et le moulin qui s'est effondré durant le siècle passé. Selon Hans Tschachtli, l'observation de maçonneries par des paysans pourrait corroborer ce cas de figure, bien qu'il soit impossible de les dater.

Contrairement à J.-P. Aubert, nous avançons une seule possibilité pour le départ de la branche principale, suite à la prospection conduite avec le sourcier. Nous pensons que le *caput aquae*⁶⁴ se situe altimétriquement un peu plus bas, à

proximité de la buvette du mini zoo attenant à la ferme du domaine. Le long de la dizaine de mètres parfaitement rectiligne du premier tronçon, l'aqueduc est sans doute alimenté par sept canalisations ou petits filets d'eau souterrains qui proviennent du barrage naturel de tuf (source PN 3). La propriétaire du terrain, Jacqueline Dafflon, nous a récemment communiqué qu'il y existait six bassins complètement incrustés de tuf. Il pourrait en effet s'agir de petits bassins de décantation au départ des canalisations d'adduction. Il est toutefois impossible d'avancer une fourchette chronologique pour ces structures, puisqu'elles sont recouvertes de tuf.

Un sondage archéologique rudimentaire a été effectué en avril 2006 à l'emplacement présumé du début de l'aqueduc. Il n'a pas été concluant, car le sous-sol regorgeait d'eau. Des fouilles au-dessous d'une profondeur de 65 cm étaient tout simplement irréalisables. Aucune tranchée d'implantation de l'aqueduc n'a été observée, ce qui n'est pas étonnant au vu des caractéristiques du terrain. J. Dafflon a évoqué des glissements de terrain survenus ces 20 dernières années. Les alluvions fluvio-glaciaires en contre-haut du sondage ont donc progressivement recouvert toutes les traces d'une éventuelle présence romaine.



Fig. 7a. Photo de l'aqueduc de Bonne Fontaine au point BF.3.

Vallée de l'Arbogne

Suite au *caput aquae*, la conduite s'incurve en direction de l'Arbogne et longe cette rivière à quelques mètres de distance dans les champs de la ferme du *Grabou*. Jean-Jacques Ruffieux nous informe que la structure hydraulique y

⁶² BRIDEL 1982, p. 6-7.

⁶³ AUBERT 1969, p. 29-30 ; seule la source bibliographique la plus récente ou la plus importante concernant les tronçons connus sera mentionnée ; pour une bibliographie exhaustive par tronçon, cf. Grezet 2006, volume annexe, p. 84-151.

⁶⁴ Lat. : tête d'aqueduc ou captage.

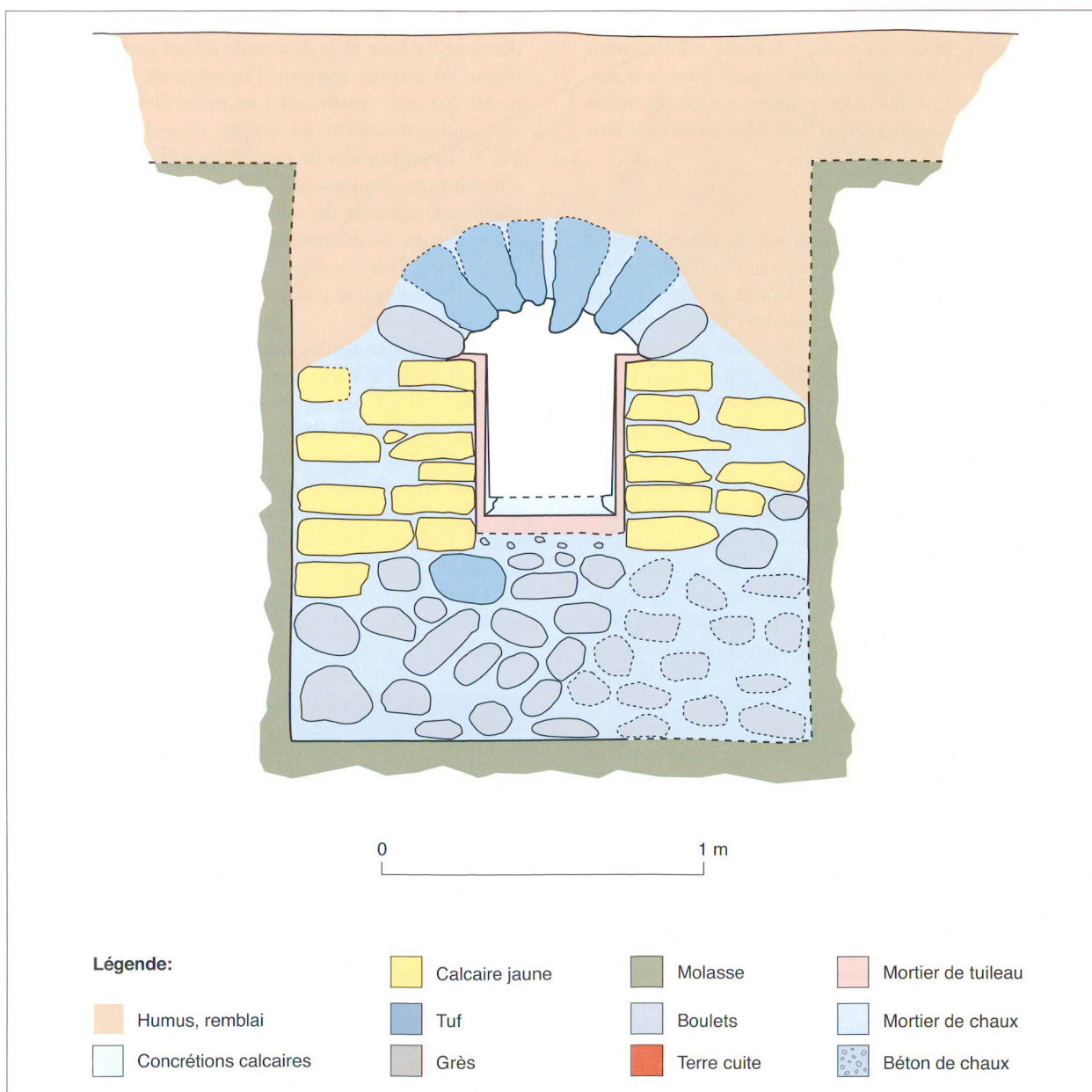


Fig. 7b. Coupe de l'aqueduc de Bonne Fontaine au point BF.3, vue aval. Echelle: 1:20. Altitude du fond du canal: 545,81 m.

aurait été coupée, à environ 150 m du moulin (BF.2)⁶⁵, bien que depuis, plus personne n'ait pu l'observer.

Au point BF.P.7, il est possible que l'aqueduc ait capté au passage l'eau de la source PN 5, avant de changer légèrement de direction. Plus loin, il a été totalement emporté par le cours d'eau, nous laissant tout au plus l'occasion de voir quelques fragments de tuf suspects dans la paroi rocheuse (BF.P.8).

La conduite ne réapparaît qu'au niveau du tronçon BF.3⁶⁶ que l'on peut encore contempler dans le terrain (fig. 7). Les incessants changements de lit de l'Arbogne

l'ont ainsi coupée de manière perpendiculaire, laissant apparaître ses vestiges dans la falaise molassique à quelques mètres au-dessus du cours d'eau. L'altitude de circulation de l'eau se situe à 545,81 m.

Une vingtaine de mètres plus loin, l'aqueduc a été mis au jour par une personne inconnue qui a détruit la voûte sur environ un mètre de long (BF.P.11, fig. 8), avant de camoufler son méfait avec des branches.

La conduite continue dans la même direction avant de s'infléchir pour se rapprocher un peu plus du cours d'eau jusqu'au point BF.4⁶⁷. J.-P. Aubert est le seul à décrire les vestiges de ce tronçon dont il ne subsistait quasiment rien, si ce n'est une coupure presque horizontale dans la molasse

⁶⁵ RUFFIEUX 1864, p. 2; cet auteur parle d'une portée de tir de carabine, qui a été évaluée à environ 150 m.

⁶⁶ AUBERT 1969, p. 30-31.

⁶⁷ AUBERT 1969, p. 31.



Fig. 8. Photo du sondage clandestin sur l'aqueduc de Bonne Fontaine au point BF.P.11.

sur laquelle reposait du gravier et quelques gros galets. Ces quelques restes avaient totalement disparu lors de notre séance de prospection.

Nous n'avons pas pu observer le point BF.5⁶⁸ qui a connu le même sort que le tronçon précédent. Autrefois, l'aqueduc y était bien conservé, mais il s'est rapidement dégradé comme l'a constaté E. Olivier entre ses deux visites, de 1942 et 1962. Six ans après cette dernière, J.-P. Aubert l'a retrouvé cinq mètres plus bas dans le lit de la rivière⁶⁹. En réalité, E. Olivier y a repéré deux tronçons distants l'un de l'autre de trois mètres. Le premier se présente éventré (fig. 9), tandis que le deuxième a été coupé sur



Fig. 9. Photo de l'aqueduc de Bonne Fontaine éventrée au point BF.5 tel qu'elle était préservée en 1942.

toute sa longueur, offrant ainsi une vue sur l'intérieur du canal. L'altitude approximative du fond du canal est de l'ordre de 535,00 m.

Plus loin, la structure hydraulique suit assez précisément le lit de l'Arbogne jusqu'au point BF.P.19, à partir duquel

elle tend à s'en éloigner. Elle amorce une grande courbe, suivant ainsi la topographie de la vallée. C'est probablement dans cette région qu'elle a été rencontrée au moins à deux reprises en 1890, lors de la construction d'un chemin forestier (BF.6)⁷⁰. La conduite rejoint presque la rivière au niveau du point BF.P.27 en suivant le chemin forestier actuel.

Sur les 140 m qui suivent, l'aqueduc a vraisemblablement reçu l'apport de deux conduites secondaires, dont l'une sise au nord, dans le flanc de la vallée. J.-P. Aubert y a repéré une tranchée dans la molasse, longue de 4 à 5 m, large de 85 cm et haute de 1,2 m qui ressemblerait à un canal agrandi par l'érosion (BF.S.1)⁷¹. Elle semble descendre en direction de la conduite principale.

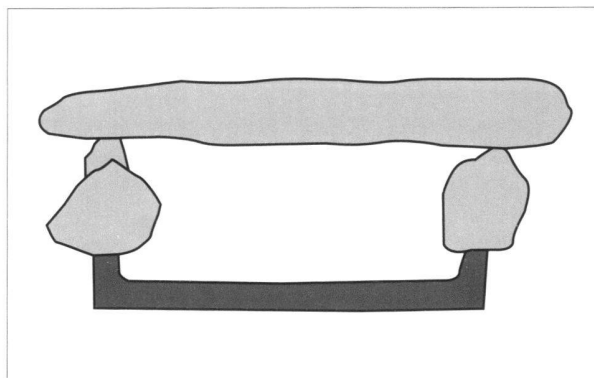


Fig. 10. Coupe de la conduite secondaire de l'aqueduc de Bonne Fontaine au point BF.S.2. Sans échelle. (cf. fig. 7b).

La documentation de fouilles datées de 1899 nous révèle la présence d'une autre conduite secondaire, venant cette fois-ci des *Marais Galley*, au sud (BF.S.2⁷², fig. 10). Grâce à la technique de construction et aux matériaux utilisés, notamment des *tegulae*, il ne fait pratiquement aucun doute qu'elle soit d'époque romaine⁷³. Cependant, le franchissement de l'Arbogne s'avérerait un obstacle non négligeable. Comment les ingénieurs romains l'ont-ils négocié? Y avait-il un pont en bois ou une structure similaire en maçonnerie? Quoi qu'il en soit, les eaux torrentielles n'ont pas laissé de traces. C'est à proximité du point BF.P.30 qu'il faut envisager la jonction. Cet apport d'eau devait être coûteux en frais de construction et d'entretien, alors que de nombreux autres captages secondaires pouvaient facilement être réalisés à proximité du tracé de la conduite principale.

Le tronçon BF.7⁷⁴ se situe dans les talus latéraux d'une place de travail de bûcherons. Il est connu de longue date, mais c'est J.-P. Aubert qui en donne la meilleure description. Suite à des intempéries, un tronçon de 3 à 4 m de long a dû être emporté par un éboulement. Sur le côté

⁷⁰ OLIVIER 1942, p. 52-53.

⁷¹ AUBERT, 1969, p. 32.

⁷² SAEF 1899.

⁷³ Cf. ci-dessous, chapitre 4.3. «Les conduites secondaires».

⁷⁴ AUBERT 1969, p. 31-33, fig. 2.3.

⁶⁸ OLIVIER 1942, p. 49-52, fig. 7-9.

⁶⁹ AUBERT 1969, p. 31.



Fig. 11a. Photo de l'aqueduc de Bonne Fontaine au point BF.7.

vallée. J.-P. Aubert l'a repérée deux fois de manière indirecte dans ce virage. Au point BF.8⁷⁵, l'indice consistait en une flaque d'eau rectiligne de 50 cm de large qui parcourait les deux mètres d'une place d'évitement. On retrouve le même phénomène un peu en aval, à la hauteur du tronçon BF.9⁷⁶.

L'aqueduc se dirige ensuite en droite ligne sur un tronçon mis en valeur, afin de figurer parmi les points d'intérêts des chemins de randonnée du patrimoine archéologique et routier du canton de Fribourg (BF.10)⁷⁷. H. Tschachtli y a découvert la voûte, effondrée sur environ trois mètres, dont seule la partie aval est encore visible de nos jours (fig. 12). Comme ce tronçon est vide de déblais sur une dizaine de mètres à l'intérieur du *specus*⁷⁸, l'eau y stagne, à l'altitude de 513,98 m, grâce au mortier de tuileau qui remplit encore sa fonction. On peut en outre y observer l'amorce d'un changement de direction vers le nord-ouest.

Cette nouvelle orientation correspond à celle du chemin forestier actuel qui continue apparemment de longer la conduite. La structure hydraulique a d'ailleurs été recoupée

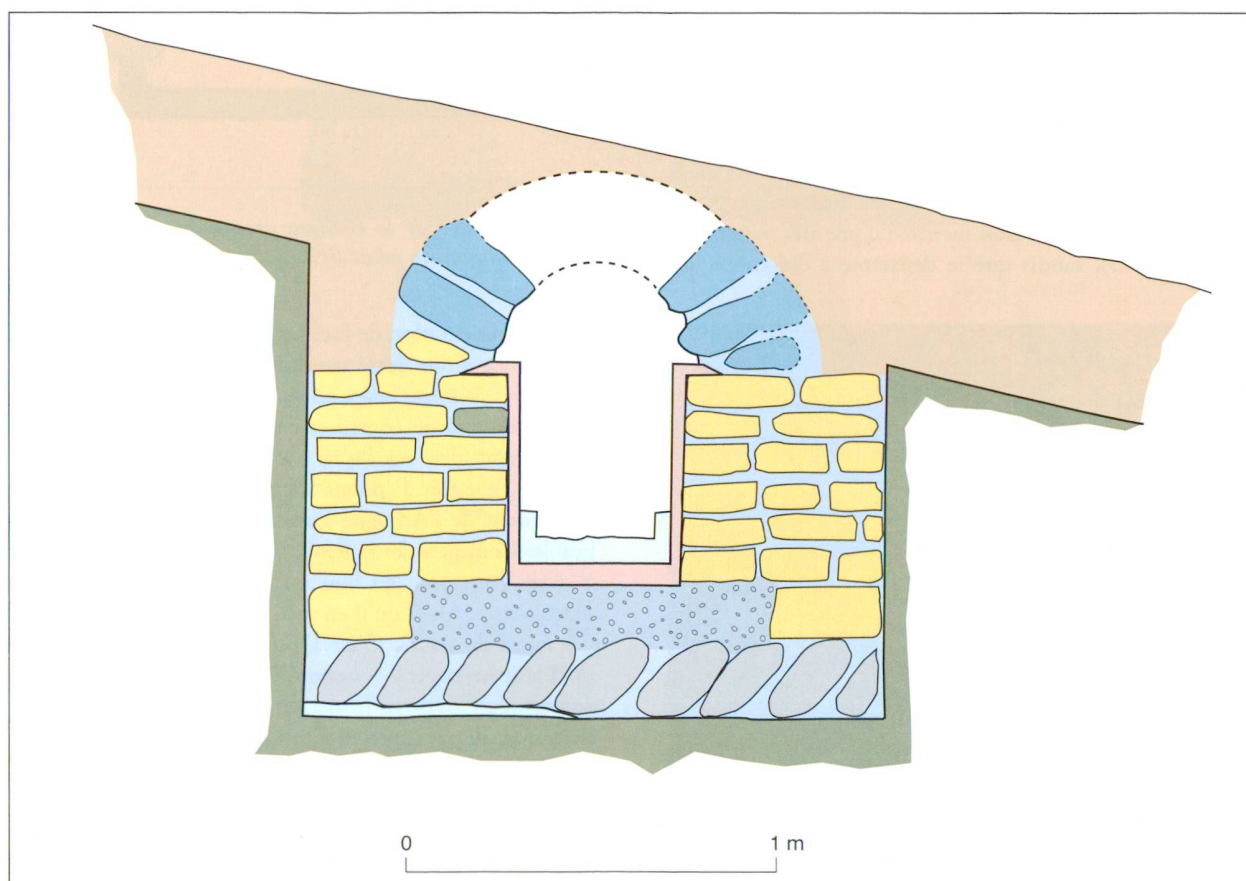


Fig. 11b. Coupe de l'aqueduc de Bonne Fontaine au point BF.7, vue amont. Echelle: 1:20. Altitude du fond du canal: 520,00 m. (légende des couleurs cf. fig. 7b).

ouest de la place, J.-P. Aubert a pu observer quelques claveaux de sa voûte, tandis qu'à l'est l'aqueduc était en bon état de conservation (fig. 11). Le fond du canal se situe à 520,00 m.

La conduite accuse une vaste courbe dès le tronçon BF.P.31, suivant le chemin forestier et la topographie de la

⁷⁵ AUBERT 1969, p. 33.

⁷⁶ AUBERT 1969, p. 33.

⁷⁷ ROHRER 1962, p. 2.

⁷⁸ Lat. : conduite d'eau ; en hydraulique romaine, ce terme est utilisé par les archéologues pour définir le canal (intérieur).



Fig. 12a. Photo de l'aqueduc de Bonne Fontaine rempli d'eau au tronçon BF.10

à deux reprises lors de la construction de cette chaussée (BF.11)⁷⁹.

Par la suite, l'aqueduc se dirige vers le nord en s'éloignant peu à peu de l'Arbogne afin de négocier la première véritable difficulté du tracé. Il s'enfonce plus profondément dans le sous-sol après un décrochement en «S» au point BF.P.41, sans doute pour mieux s'ancrer dans le terrain au vu des pentes très escarpées du vallon des Chaudeires. Les ingénieurs romains devaient en effet s'assurer qu'il ne soit pas entraîné par d'éventuels glissements de terrain.

La conduite suit donc le vallon à flanc de coteau jusqu'au point BF.12⁸⁰. J.-P. Aubert en a fait un point hypothétique à proximité d'un pont moderne et il pense qu'elle traversait le cours d'eau aux environs de la courbe de niveau de 500 m. Nos investigations confirment en grande partie son analyse. Le point BF.13 étant toutefois coté à 504,33 m, il faut envisager la traversée plus haut dans la vallée. Il semble donc que la conduite franchissait le ruisseau en amont et non en aval du pont actuel, afin de traverser le vallon sous le cours d'eau. Les eaux torrentielles auraient en effet constamment occasionné des dommages à un pont. Avec le choix du tracé souterrain, les ingénieurs romains auraient ainsi réalisé des économies sur l'entretien. Cette observation est par ailleurs récurrente sur tous les aqueducs aventiciens qui doivent franchir des vallons. Notons encore qu'une traversée directe au débouché du vallon des Chaudeires aurait nécessité la construction d'un pont de

plus de 10 m de haut pour une longueur dépassant les 100 m.

Une fois que le ruisseau a été franchi, la structure hydraulique longe l'autre versant du vallon pour rejoindre la vallée principale. Peu après un changement de direction au point BF.P.61, nous avons observé une paroi molassique totalement verticale qui pourrait nous indiquer la présence de la tranchée de l'aqueduc, même si aucune trace de taille n'a pu être identifiée à cause de l'érosion.

Ce n'est qu'au niveau du hameau des Arbognes que la conduite réapparaît concrètement grâce à deux interventions du service archéologique de l'Etat de Fribourg. Au point BF.13⁸¹, elle a été mise en évidence sur une longueur de 4,6 m, sans avoir été fouillée jusqu'aux fondations. La structure y était dans un état de conservation moyen puisqu'une grande partie de la voûte manquait (fig. 13). L'eau circulait à l'altitude de 504,33 m. Quant au tronçon BF.14⁸², il a été repéré à environ 35 m du précédent, complètement récupéré, car il se situe plus près des habitations modernes. Les seuls indices de sa présence sont des moellons de calcaire et de molasse ainsi qu'un fragment de béton de tuileau dans une zone graveleuse.

Les ingénieurs romains n'ont apparemment pas pris en compte la légère dépression due au ruz du Bre dans le hameau des Arbognes, puisque l'aqueduc poursuit son chemin en ligne droite. Cet affaissement est probablement plus récent. A la suite du hameau, le tracé suit un flanc de coteau très abrupt, où la conduite devait être solidement ancrée dans le substrat rocheux. On y distingue d'ailleurs encore la tranchée remblayée au point BF.P.74, avant qu'elle ne tourne en direction du nord (fig. 14).

Lors de notre prospection, l'herbe plus verdoyante par endroits nous a indiqué le tracé de la conduite qui longe la courbe de niveau de 500 m en contrebas de la ferme des *Parchys*. Cette même conduite y a d'ailleurs été repérée en 1844 par son propriétaire, le juge de paix Dagoud (BF.15)⁸³. Environ 150 m en aval, des travaux de construction de la ligne de chemin de fer Payerne-Fribourg ont dégagé un tronçon à l'altitude de 499 m, à proximité du pont routier qui enjambe la voie ferrée (BF.16)⁸⁴. A partir de ce point, les mentions dans la littérature se font plus rares et les tronçons ainsi décrits sont nettement plus espacés, à quelques exceptions près.

Creux de la Chetta

L'aqueduc quitte définitivement la vallée de l'Arbogne, serpentant pour accéder à la prochaine difficulté du parcours, le *Creux de la Chetta*. Les ingénieurs romains ont à nouveau opté pour la solution la plus économique, à savoir remonter le vallon, car un franchissement direct aurait nécessité la construction d'un pont de 20 m de haut sur une longueur de plus de 100 m. Ce détour dans l'escarpement s'avérait être toutefois une grande entreprise. En effet, après avoir bifurqué dans le ravin à partir du point

⁸¹ SAEF 1977.

⁸² SAEF 2001.

⁸³ AUBERT 1969, p. 34.

⁸⁴ ROTHEY 1917, p. 53 et 75.

⁷⁹ AUBERT 1968, p. 46.

⁸⁰ AUBERT 1969, p. 34.

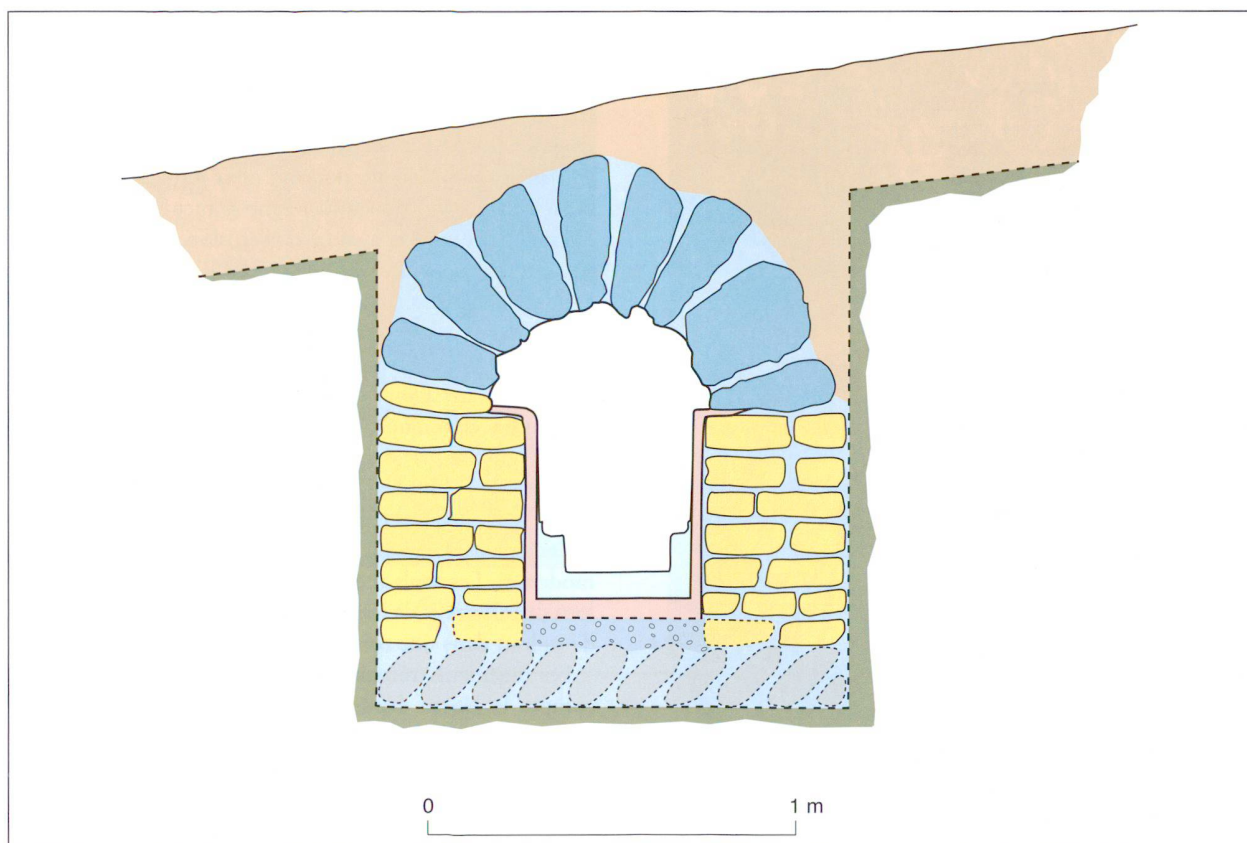


Fig. 12b. Coupe de l'aqueduc de Bonne Fontaine au point BF.10, vue aval. Echelle: 1:20. Altitude du fond du canal: 513,98 m. (cf. fig. 7b).

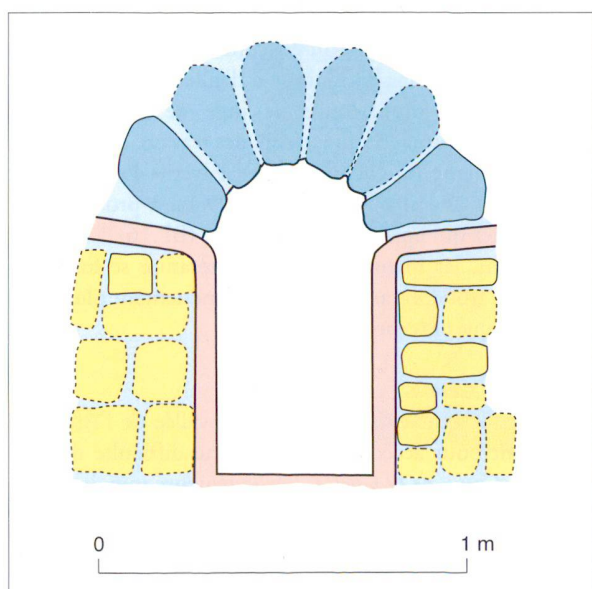


Fig. 13. Coupe de l'aqueduc de Bonne Fontaine au point BF.13. Echelle: 1:20. Altitude du fond du canal: 504,30 m. (cf. fig. 7b).

BF.P.94 et après avoir longé le flanc sud-est sur près de 475 m, l'aqueduc s'enfonce plus profondément sous terre, afin de contourner la chute vertigineuse du ruz du Creux. La profondeur de la structure pourrait atteindre environ une quinzaine de mètres au point de franchissement du ruisseau

(BF.P.103). Loin d'être unique dans le monde romain⁸⁵, une telle tranchée est tout à fait envisageable, à moins que la conduite ne passe dans un tunnel. La molasse étant une roche tendre, elle est facile à tailler. Le choix d'une tranchée profonde plutôt que d'un ouvrage d'art, peut également être expliqué par le fait qu'une branche secondaire, en provenance de *Romanex* au nord de Léchelles/FR, semble rejoindre la conduite principale au point BF.P.104.

Branche secondaire de Romanex

Nous avons vu plus haut qu'un aqueduc provient de la région riche en sources de *Romanex* (BF.S.3)⁸⁶. Le captage a été localisé au nord de ce lieu-dit, au pied de la falaise molassique. Cette branche secondaire contourne dans un premier temps la butte de *Vigny* avant de longer le versant sud du Grand Belmont. Sa pente est assez importante, surtout dans les 250 premiers mètres, où il faut envisager la présence de chutes hydrauliques. La conduite se dirige ensuite sensiblement vers le talweg et rejoint en fin de parcours le ruz du Creux qu'elle traverse deux fois. Le lit du ruisseau était sans doute différent à l'époque. Au vu de la différence d'altitude entre les branches principale et secondaire, il faut à nouveau supposer un escalier hydraulique pour rejoindre le niveau de l'aqueduc principal.

⁸⁵ Cf. ci-dessous, chapitre 6. « Comparaisons et parallèles ».

⁸⁶ MEIER.



Fig. 14. Tranchée dans la molasse et son remblayage au point BF.P.74. Les limites visibles du creusement sont marquées par les flèches blanches.

En contre-haut de Corcelles-près-Payerne

Après la réunification des deux branches, la conduite de Bonne Fontaine suit la lisière actuelle de la forêt du *Creux de la Chetta*, sans pour autant y faire une incursion. Le terrain était sans doute trop pentu pour y ancrer la structure avec suffisamment de sécurité. Elle longe donc le petit plateau des *Bioles* pour atteindre une altitude plus appropriée aux alentours du point BF.P.119, après plus d'un kilomètre enfoui profondément sous terre.

Suivant les courbes de niveau, l'aqueduc décrit ensuite une vaste courbe en «S» afin d'aborder le ruz du Merdasson à angle droit. Il a sûrement été emporté par ce ruisseau, car nous ne l'avons retrouvé que dans les berges, grâce à la méthode du «fer à béton».

Peu après le point BF.P.131, il a été vu par André Progin de Léchelles/FR, lors de la pose de canalisations pour une ferme construite récemment aux abords immédiats⁸⁷. Ayant ôté une pierre de couverture, il a remarqué que l'aqueduc était encore en parfait état et de surcroît vide de toute terre, ce qui est plutôt rare.

Au lieu de suivre les courbes de niveau, la conduite marque un coude brusque où elle a été repérée en 1896 lors de travaux d'adduction pour le compte de la commune de Corcelles-près-Payerne (BF.17)⁸⁸. Plus avant, elle a été mise en évidence à plusieurs reprises lors de travaux similaires entre les lieux-dits *L'Epnetta* et *Corsalettes* sans que les autorités compétentes aient été averties. Il s'agit des tronçons BF.18⁸⁹ et BF.19⁹⁰. Plus loin encore, au point BF.20⁹¹, la conduite est enterrée plus profondément, pour pouvoir passer sous le cours d'eau qui devait autrefois exister entre les ruisseaux de Foitaloup et du Saut.

⁸⁷ Communication orale de J.-M. Barras; ce témoignage peut être qualifié de fiable, puisqu' A. Progin s'est interrogé sur la raison de la coloration rouge de l'intérieur du *specus*. La ferme ne figure pas encore sur les cartes topographiques.

⁸⁸ ROTHEY 1917, p. 75.

⁸⁹ AUBERT 1969, p. 34.

⁹⁰ OLIVIER 1942, p. 54.

⁹¹ OLIVIER 1942, p. 54.

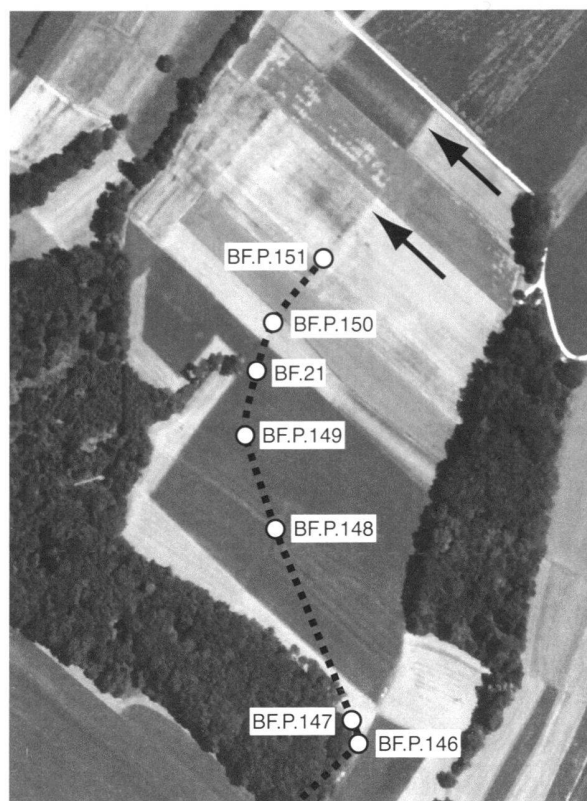


Fig. 15. Photo aérienne complétée avec le parcours de l'aqueduc de Bonne Fontaine jusqu'au point BF.P.151. Les deux flèches indiquent les éventuelles traces de l'aqueduc dans les champs.

Après ce décrochement, l'aqueduc se situe à nouveau à une profondeur plus habituelle. Des travaux de pose d'un collecteur en 1992 au point BF.21⁹² et une photo aérienne nous permettent de retrouver sa trace. Le cliché fait ressortir un alignement perceptible dans deux champs, dans le prolongement de BF.P.151 (fig. 15).

Maupas Dessus

La conduite entame ensuite son parcours dans le talweg situé en contrebas du Maupas Dessus, où elle a fait l'objet d'une découverte à l'occasion d'importants travaux de drainage en 1895 (BF.22)⁹³, puisque le fond du *specus* y a été observé deux mètres sous le niveau du sol, soit à l'altitude approximative de 490 m, à l'emplacement d'un puits de contrôle.

L'aqueduc continue son parcours dans le talweg de manière plus ou moins rectiligne, avant d'effectuer un coude assez marqué au point BF.P.158, suivi d'une grande courbe.

La Baume

Après avoir franchi souterrainement un petit affluent du ruisseau de la Baume, l'aqueduc suit la falaise molassique des *Roches* où il a été repéré pas moins de cinq fois sur une

⁹² SAEF 1992.

⁹³ OLIVIER 1942, p. 55-56.

courte distance. La première localisation se situe à 300 m du hameau, le long de la falaise, selon Céléstin Mouraz, le dernier meunier de la Baume, et coïncide avec un replat assez marqué dans le terrain pentu (BF.23)⁹⁴.

Le deuxième point de rencontre se situe sous la ciblerie d'un stand de tir (BF.24)⁹⁵. Plus en aval, C. Mouraz a capté deux sources provenant de la falaise des *Roches* pour alimenter une fontaine (BF.25 et BF.27)⁹⁶. En posant ses tuyaux, il y a trouvé à chaque fois l'aqueduc, proche de la courbe de niveau de 480 m. Entre ces deux tronçons, la commune de Dompierre/FR a également capté de l'eau en 1939, détruisant au passage la conduite romaine (BF.26)⁹⁷.

Suivant la topographie locale, l'aqueduc bifurque par la suite en direction du nord-est et se dirige, plus ou moins en ligne droite sur une distance de 740 m, vers le point BF.P.182.

En contre-haut de Domdidier/FR

L'obstacle que constitue un ruisseau devait à nouveau être franchi en « remontant » légèrement dans le terrain, pour redescendre ensuite au niveau de la courbe de niveau de 480 m, tout en longeant le bois de Chany. C'est le long de cette lisière que Pierre-Léonard Rothey envisageait volontiers la présence de l'aqueduc (BF.28)⁹⁸.

Celui-ci s'enfonce ensuite dans la forêt actuelle et passe juste au-dessus de la ciblerie du stand de tir de Domdidier/FR. Après le point BF.P.203, il franchit un autre ruisseau de manière souterraine, puis marque une grande courbe en « S » pour finalement atteindre le nouveau quartier de villas des *Grands Sex*. Il ne fait aucun doute que la construction de certaines de ces habitations ait endommagé, voire détruit la structure hydraulique.

Nous disposons toutefois de deux témoignages anciens : le premier date de 1888, lorsque Louis Grossrieder travaillait pour un patron qui a fait détruire la conduite dans un champ au sud de la route des *Grands Sex* (BF.30)⁹⁹. Le second témoignage provient d'Isidore Grossrieder qui a observé en 1900 la destruction du second tronçon (BF.31)¹⁰⁰, sis au nord de la même route, à environ 200 m de sa propre maison. I. Grossrieder a en outre signalé que le tracé coïncide avec une rangée d'arbres fruitiers.

Depuis BF.P.205 jusqu'à BF.P.220, le parcours de la conduite est quasiment rectiligne sur une longueur de 2,250 km. Il suit le flanc de la colline morainique avant d'amorcer un changement de direction par un léger coude. Signalons encore au passage la présence de calcaire jaune, de tuiles et de tessons de céramique entre les points BF.P.213 et BF.P.214. Une villa romaine se situait sans doute à cet endroit, sans qu'on ne sache comment elle était alimentée en eau.

⁹⁴ OLIVIER 1942, p. 57.

⁹⁵ OLIVIER 1942, p. 57.

⁹⁶ OLIVIER 1942, p. 56-57.

⁹⁷ OLIVIER 1942, p. 56-57.

⁹⁸ ROTHEY 1917, p. 75 ; il s'agit d'un point hypothétique.

⁹⁹ REICHLEN 1895, p. 491.

¹⁰⁰ OLIVIER 1942, p. 57-58.

La Croix, Pré Mermoud et vallon du Ruz

Depuis BF.P.222, le tracé final de l'aqueduc de Bonne Fontaine est sujet à diverses hypothèses. Plusieurs chercheurs ont tenté de le faire aboutir à proximité de la porte de l'Ouest. De récentes investigations archéologiques dans une partie de la plaine appelée *Sur Fourches* ont clairement démontré que cette hypothèse doit être totalement réfutée, les tranchées traversant les champs en long et en large s'étant toujours révélées négatives du point de vue archéologique¹⁰¹. Une autre supposition consiste à faire confluer la conduite de Bonne Fontaine et celle de Coppet, qui se situe à proximité. L'aqueduc de Coppet a toutefois été dégagé à de nombreuses reprises dans le quartier de *Joli Val* à Avenches, sans que l'on puisse observer une augmentation de la section du *specus* par rapport aux dimensions connues plus en amont.

Il faut donc retrouver le tracé propre à l'aqueduc venant du *Moulin de Prez*. La prospection menée en collaboration avec le sourcier a permis de réunir suffisamment d'informations pour proposer une autre hypothèse. Selon nous, la seule possibilité de franchir la Longeaigue aurait consisté en un pont suivi d'un mur bahut supportant la structure hydraulique jusqu'au point BF.P.234. Sans ces constructions, le tracé ainsi défini aurait été au-dessous d'une altitude de 460 m, un niveau trop bas pour alimenter la ville. On peut également envisager une erreur dans la prospection, due à un éventuel ancien lit de rivière ou à un filet d'eau souterrain. Le mur bahut devrait en outre être assez long pour que l'aqueduc puisse entrer en terre entre les courbes de niveau de 460 m et de 470 m. Ni le pont, ni l'hypothétique mur bahut n'ont laissé de traces dans les champs du *Pré Mermoud*. Mais comme on se situe assez près de la ville, on peut envisager une récupération totale.

Il est toutefois quasiment assuré que la conduite devait longer le flanc de la colline surplombant le quartier de *Sur Fourches*, car Rodolphe Schaad l'a rencontrée lors de travaux de drainage dans ses terres (BF.31)¹⁰².

Une partie du flanc nord-ouest de la colline est actuellement excavée pour la construction d'immeubles et de villas individuelles, mais cette région reste pour l'instant vierge de tout vestige. Il faut ainsi s'interroger sur la profondeur de la conduite.

Vallon du Ruz et intra muros

Après avoir contourné la butte, il fallait franchir l'ultime obstacle que constitue le vallon du Ruz. Des sondages diagnostiques aux environs du lavoir se sont révélés négatifs. Il est cependant possible que le vallon ait été traversé par un pont, totalement récupéré. Comme les sondages n'ont pas été effectués en tranchée continue, de rares traces de piles maçonnées ont pu échapper à l'emprise de la fouille.

Un siphon de faible longueur peut également avoir été aménagé pour traverser la dépression, d'autant plus qu'Adrien Blanchet signale des éléments de canalisation en

¹⁰¹ BLANC 1996.

¹⁰² SCHWARZ 1964, p. 106.



Fig. 16. Photo des éventuelles canalisations en pierre évidée se trouvant dans le lapidaire du Cigognier à Avenches.

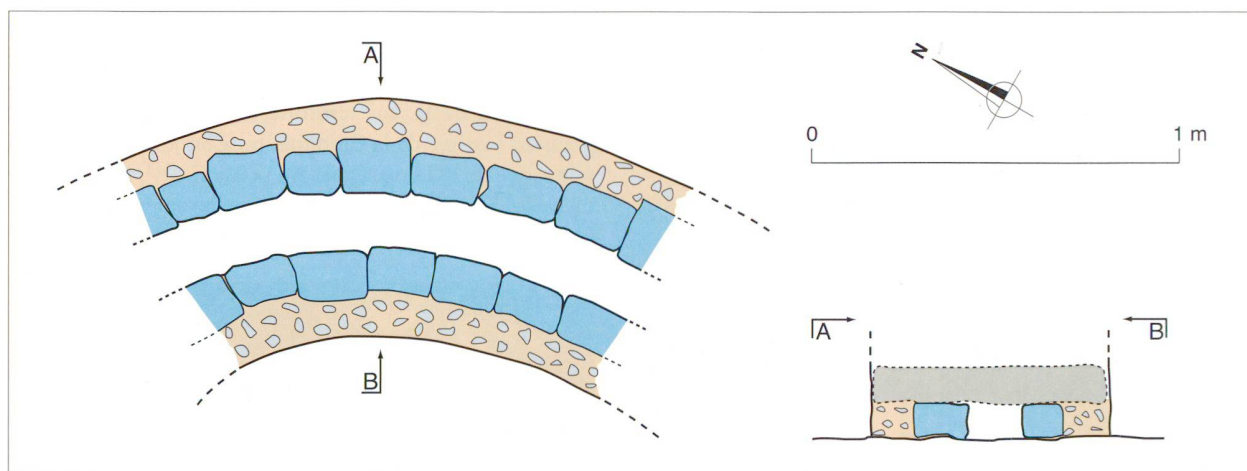


Fig. 17. Plan et coupe de la conduite secondaire de l'aqueduc de Coppet au point C.S.2. Echelle: 1:20. (cf. fig. 7b).

pierre évidée provenant d'Avenches (fig. 16)¹⁰³. Leur forme parfaitement cylindrique suggère par contre plutôt une utilisation en tant que pièce de jonction entre des canalisations en bois.

Après avoir traversé cet obstacle, la conduite se dirige en droite ligne, sans doute assez profondément sous terre, jusqu'au château d'eau localisé au point BF.P.251 qui surplombe le théâtre antique. Le suivi archéologique lors de la pose d'une canalisation dans une tranchée peu profonde qui traverse tout ce champ n'a livré en effet aucune trace d'aqueduc. Plus bas dans le terrain, une conduite maçonnée de facture non romaine et une tranchée taillée dans la molasse pourraient remonter à l'époque médiévale¹⁰⁴.

L'aqueduc de Coppet

Hameau de Granges-Rothey

La tête de l'aqueduc de Coppet se situe dans un champ au sud-est du hameau de Granges-Rothey (C.P.1), dans

lequel il a été repéré plusieurs fois pendant des travaux d'adduction datés de 1909. La conduite principale a été mise au jour sous la route menant à Eissy (C.1)¹⁰⁵, en un point où se déversait également une conduite secondaire, provenant d'une anfractuosité de la cave de la maison Badoud (C.S.1)¹⁰⁶. Sur cette conduite venait se greffer une autre canalisation de dimension nettement inférieure qui captait l'eau dans un talus au sud-ouest de cette même maison (C.S.2¹⁰⁷, fig. 17). Un bassin qui pourrait dater de l'époque romaine a sans doute été utilisé en tant qu'installation de décantation, avant que la canalisation, décrivant un grand «S», se déverse dans C.S.1. Une troisième conduite secondaire (C.S.3)¹⁰⁸, indubitablement romaine, descendait des coteaux de Russy, au lieu-dit *Au Pré de la Fontaine*, et rejoignait la branche principale en contrebas de C.P.3. Ce dernier point se distingue également par une jonction avec une autre canalisation de provenance inconnue.

Vallon du ruz de Coppet

L'aqueduc s'infléchit vers le nord et gagne le ruz de Coppet de manière rectiligne jusqu'au point C.P.5 qui marque l'entrée dans le vallon. Sa forte dénivellation sur une courte distance laisse présumer la présence de puits de chute. Par la suite, la structure suit assez précisément le cours d'eau, là où deux tronçons ont fait l'objet d'observations par Henri Vorlet (C.2 et C.3)¹⁰⁹. A partir du point C.P.8, elle s'éloigne du ruisseau en suivant la courbe de niveau de 540 m, avant de se rapprocher à nouveau du ruisseau au niveau de C.P.13. Au bord de la falaise molassique, elle tend vers le nord-est et traverse la route reliant les hameaux de Granges-Rothey et du Pra Gaud au point C.P.16.

Pra Gaud, La Scie et Coppet

Un indice vient conforter l'hypothèse du tracé entre ce dernier point et C.P.17. Lors de notre prospection, la neige

¹⁰⁵ VORLET 1910, p. 3.

¹⁰⁶ VORLET 1910, p. 3.

¹⁰⁷ VORLET 1910, p. 1-2.

¹⁰⁸ VORLET 1910, p. 4.

¹⁰⁹ VORLET 1910, p. 5.

¹⁰³ BLANCHET 1908. Les éléments de siphon en pierre se retrouvent en général plutôt dans la partie orientale de l'Empire; cf. ci-dessous, chapitre 6. « Comparaisons et parallèles ».

¹⁰⁴ MRA, AV/88, carrés G15-G17.



Fig. 18. Une partie du replat près du hameau de Coppet entre C.P.25 et C.P.26.

marquait un alignement au-dessus de l'aqueduc. Après le point de mesure de prospection suivant, la conduite change de direction, contournant le groupe de maisons de la Scie et passant par la même occasion sous le ruisseau d'Oleyres (C.P.19 à C.P.22). L'aqueduc n'aurait pas été recoupé à cet endroit lors de la pose d'un collecteur en 1989/1990. Se rapprochant par la suite de plus en plus de la Longeaigne, il est probablement enfoui sous un long replat qui se remarque bien dans le terrain entre les points C.P.24 et C.P.26 (fig. 18). Il se dirige toujours dans la même direction jusqu'à un nouveau replat, après avoir sans doute perdu de l'altitude grâce à un autre puits de chute. Cette plateforme a sûrement été réemployée afin d'y établir le bief du moulin de Coppet (C.4)¹¹⁰.

Vallon de la Longeaigne

L'aqueduc entre ensuite dans le vallon escarpé de la Longeaigne et longe le ruisseau sur sa rive sud-est, à quelques mètres de distance. Le point C.5¹¹¹ est marqué par un replat d'une vingtaine de mètres, immédiatement suivi d'un fossé sur environ 100 m. Ce creusement dans le ter-



Fig. 19. Photo de l'arbre couché ayant emporté des claveaux de l'aqueduc de Coppet dans ses racines au point C.P.30.

¹¹⁰ AUBERT 1969, p. 26.

¹¹¹ OLIVIER 1942, p. 41.

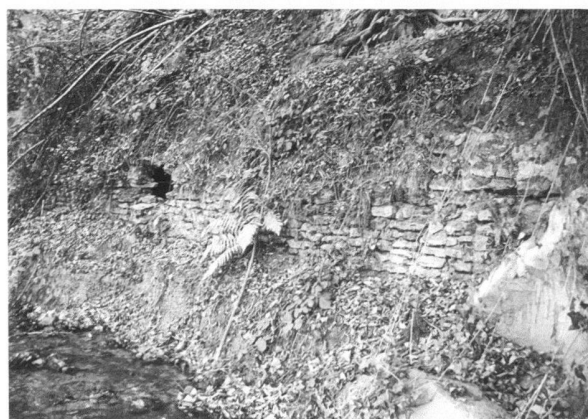


Fig. 20. Photo de l'aqueduc de Coppet au point C.6.

rain est caractéristique d'une récupération de la conduite romaine. Légèrement en aval, un arbre s'est couché, emportant dans ses racines une partie de la voûte (C.P.30, fig. 19).

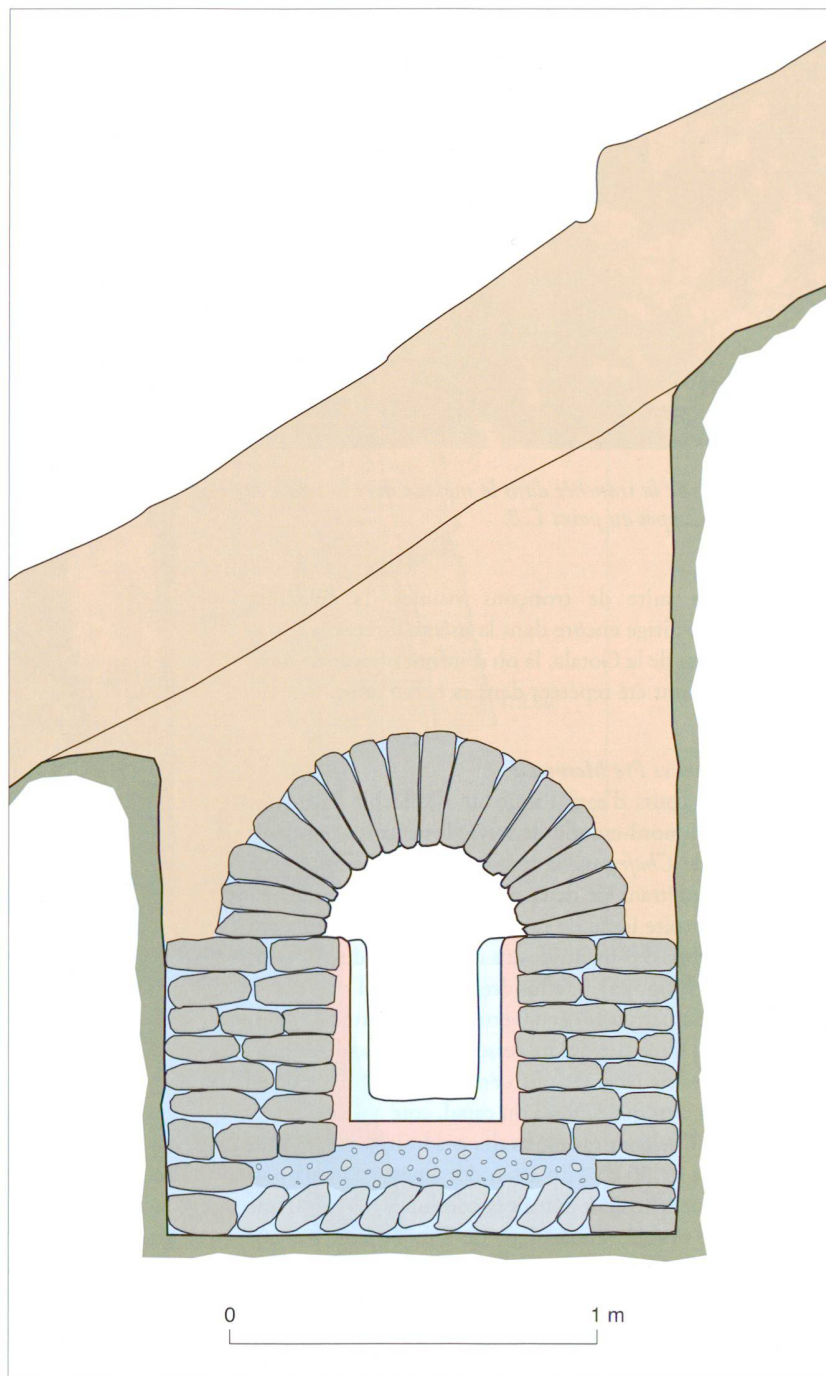
Non loin de là, sur territoire vaudois, apparaissent les premiers vestiges de la conduite, mise au jour par l'érosion très active de la Longeaigne. Au point C.6¹¹², on distingue nettement la voûte et le piédroit gauche sur plus de 30 m. Celui-ci a été percé à une époque indéterminée, permettant



Fig. 21a. Photo de la conduite de Coppet sortant de la roche au point C.7.

¹¹² AUBERT 1969, p. 26-27.

Fig. 21b. Coupe de l'aqueduc de Coppet au point C.7, vue aval. Echelle: 1:20. Altitude du fond du canal: 473,62 m. (légende des couleurs cf. fig. 7b).



ainsi d'observer l'intérieur du canal à travers cette «fenêtre» (fig. 20). Comme J.P. Aubert s'est servi d'une borne qui a été déplacée, une erreur est intervenue dans le calcul de l'altitude du fond du canal. Le relevé d'un nouveau cheminement depuis un point topographique sûr nous a donné l'altitude de 473,73 m.

En aval, les intempéries du début de l'année 2006 ont fait apparaître des vestiges du piédroit gauche. Les quelques mètres suivants ont en revanche disparu depuis longtemps, emportés par le ruisseau, jusqu'au point C.7¹¹³ où se situe le tronçon d'aqueduc aventicien le plus spectaculaire que l'on puisse encore contempler (fig. 21). Il jaillit hors de la

roche molassique, surplombant de 2,5 m le cours d'eau qui l'a jadis coupé net. Nous pouvons ainsi observer une coupe intégrale à travers la structure et la tranchée dans laquelle elle est établie. Pour les raisons précédemment décrites, l'altitude du fond du canal a été revue à la hausse et se situe à 473,62 m.

Une trentaine de mètres en aval, le tronçon C.8¹¹⁴ est nettement plus marqué dans le terrain de nos jours qu'il y a 30 ans. L'érosion de la pente laisse à présent entrevoir une grande partie de la couverture de l'aqueduc, tout comme le sommet du piédroit de droite qui s'enfonce dans la roche molassique (fig. 22).

¹¹³ AUBERT 1969, p. 27-28.

¹¹⁴ AUBERT 1969, p. 28.



Fig. 22. Photo de la tranchée dans la molasse avec la voûte de l'aqueduc de Coppet au point C.8.

Après cette suite de tronçons visibles, la structure hydraulique se dirige encore dans la même direction et traverse le ruisseau de la Gotala, là où d'infimes traces de mortier de tuileau ont été repérées dans sa berge nord.

Entre Chafeirou et Pré Mermoud

Au-delà du cours d'eau, l'aqueduc s'infléchit davantage en direction du nord-est afin de suivre le versant nord-ouest de la colline de *Chafeirou*. Sa tranchée y est nettement perceptible en pénétrant de deux mètres à l'intérieur du bois (C.9)¹¹⁵. En droite ligne de cette plateforme, l'aqueduc est encore visible sur 3,8 m, au-dessus de la grotte du *Pré Mermoud* (C.10)¹¹⁶, fig. 23). L'effondrement partiel de l'entrée de cette cavité a permis la découverte de la structure hydraulique en 1968, structure qui ne cesse depuis de se détériorer. Des investigations récentes ont démontré qu'il ne subsiste de ce tronçon plus que le fond du canal, coté à 472,60 m et 472,59 m, et quelques moellons des piédroits sur une hauteur maximale de 36 cm. En effet, des aménagements postérieurs ont partiellement détruit la conduite. Il s'agit d'une excavation de la roche molassique de 5 m de large sur une profondeur d'au moins 3 m, au sud-est immédiat de l'aqueduc, prolongée par un premier mur en *opus quadratum* de molasse et redoublé par un autre en *opus incertum*. Les parois taillées dans la roche sont enduites d'un revêtement de chaux. Cet aménagement est-il à mettre en relation avec la grotte qui se situe juste en dessous ?

Quelques mètres plus loin, l'aqueduc est encore intact, car une partie de la voûte apparaît dans la forte pente (C.P.36, fig. 24). Il se dirige ensuite plus ou moins en droite ligne vers le *Col du Larret*, où il a été rencontré sur toute la longueur du talweg par un agriculteur qui plantait des perches à haricots (C.11)¹¹⁷. Selon cet informateur, le fond de la structure correspondrait à une altitude d'environ 471,20 m.



Fig. 23a. Photo de l'aqueduc de Coppet et les aménagements tardifs au point C.10.

Vallon du Ruz et intra muros

Ce n'est qu'en entrant dans le vallon du Ruz que l'aqueduc change de direction afin de longer l'escarpement, évitant ainsi la construction d'un grand ouvrage d'art. Cette région est aujourd'hui parsemée de villas individuelles dont la construction a offert l'occasion de mieux connaître la structure hydraulique aux abords de l'enceinte romaine. Elle a été mise au jour à sept reprises et figure sous le nom d'aqueduc de Joli Val dans la documentation des fouilles.

Le premier tronçon, long de 10,85 m, présente un coude de 50° et ne possède plus sa couverture, hormis à son extrémité amont (C.12)¹¹⁸, fig. 25). Une erreur de calcul du fond du canal nous permet uniquement de retenir l'altitude de 471,13 m pour la circulation de l'eau dans la partie aval. Peu après, le tronçon C.13¹¹⁹ n'est pas très bien conservé. Tandis qu'il ne manque que la voûte dans la partie aval (fig. 26), son opposée, en amont, est brisée à plusieurs endroits. Il faut donc nuancer l'altitude du fond du canal qui se situe à 471,12 m, par rapport au 471,02 m de l'extrémité est.

De C.14¹²⁰, il ne subsiste qu'une tranchée dans la molasse, longue de 11 m. La conduite n'est pas non plus en

¹¹⁵ AUBERT 1969, p. 28.

¹¹⁶ MRA 2005.

¹¹⁷ AUBERT 1969, p. 28.

¹¹⁸ MRA 1976.

¹¹⁹ MRA 1984.

¹²⁰ MRA 1989.

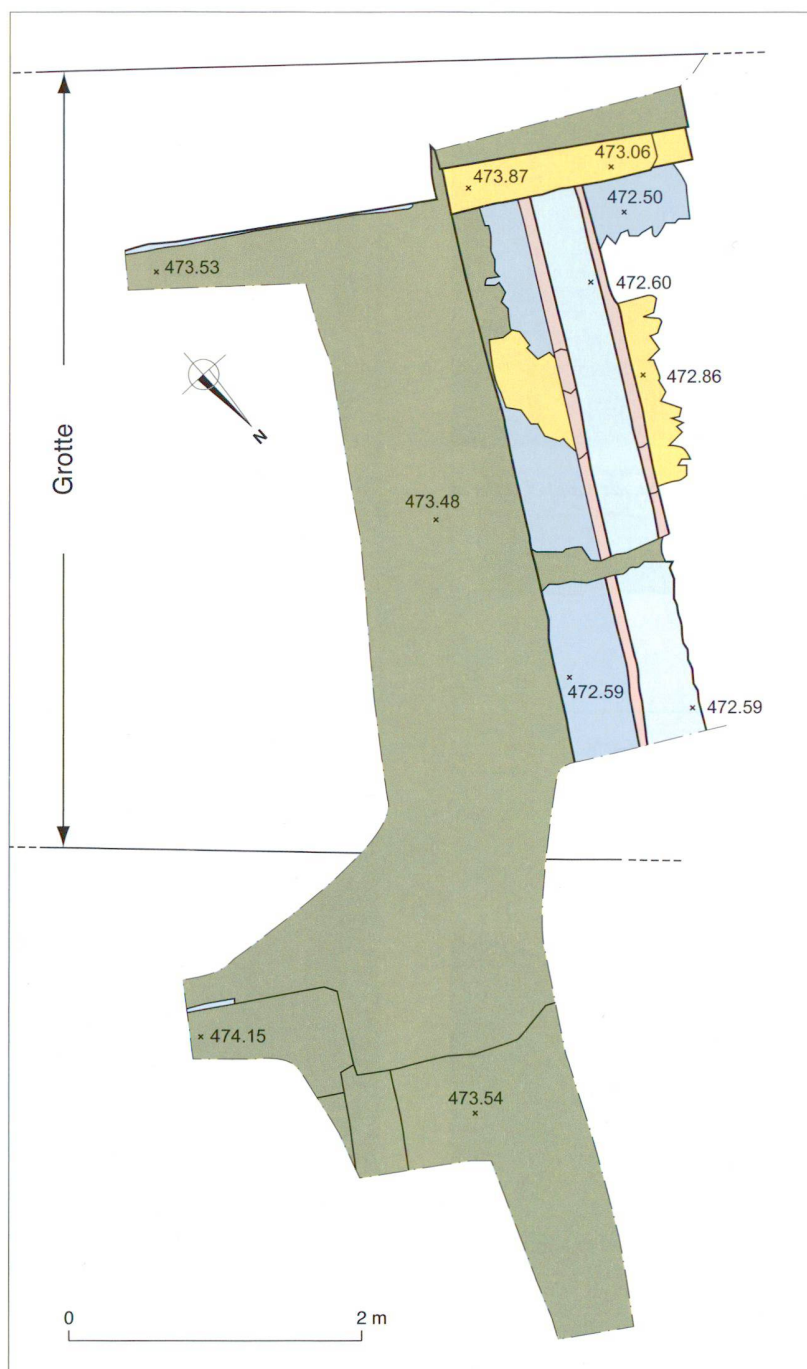


Fig. 23b. Plan de l'aqueduc de Coppet au point C.10. Echelle: 1:50. (légende des couleurs cf. fig. 7b).

bon état au point C.15¹²¹, car les croquis très sommaires de ce tronçon d'environ 3 m laissent présumer qu'il a été déplacé par la poussée de la pente.

La bonne conservation de l'aqueduc au point C.16¹²² contraste fortement avec celle des deux tronçons précédents. Selon le relevé effectué, la structure, intacte, n'est pas insérée dans une tranchée, une fois n'est pas coutume (fig. 27). Les indications altimétriques sont toutefois défaut,

tout comme pour le tronçon parfaitement rectiligne C.17¹²³ qui a été repéré sur 17,15 m (fig. 28).

Au point C.18¹²⁴, la conduite est exceptionnelle à plus d'un titre. Elle a été reconnue sur une distance totale de 22,5 m et comporte le seul regard de visite trouvé à ce jour, ainsi que deux coudes, un premier de 18° après 17 m et un second de 12° immédiatement après le regard (fig. 29). Celui-ci est parfaitement conservé, mis à part l'élévation

¹²¹ MRA 1987.1.

¹²² MRA 1988.1.

¹²³ MRA 1988.2.

¹²⁴ MRA 1987.2.



Fig. 24. La voûte affleurante de l'aqueduc de Coppet dans la pente au point C.P.36.

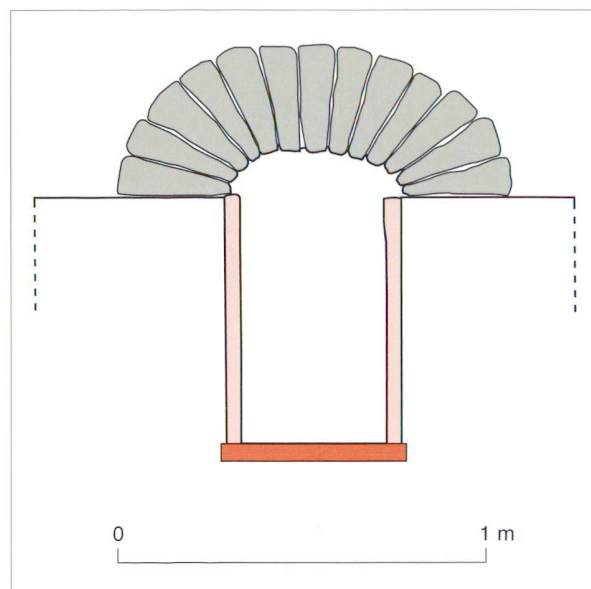


Fig. 25b. Coupe de l'aqueduc de Coppet au point C.12, vue amont. Echelle: 1:20. Altitude du fond du canal: 471,05 m. (légende des couleurs cf. fig. 7b).



Fig. 25a. Photo du tronçon C.12 de l'aqueduc de Coppet.



Fig. 26a. Photo de la coupe aval à travers l'aqueduc de Coppet au point C.13.

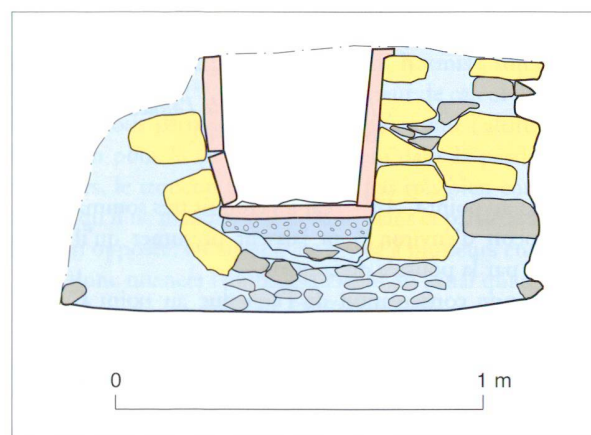


Fig. 26b. Coupe de l'aqueduc de Coppet au point C.13, vue amont. Echelle: 1:20. Altitude du fond du canal: 471,02 m. (légende des couleurs cf. fig. 7b).

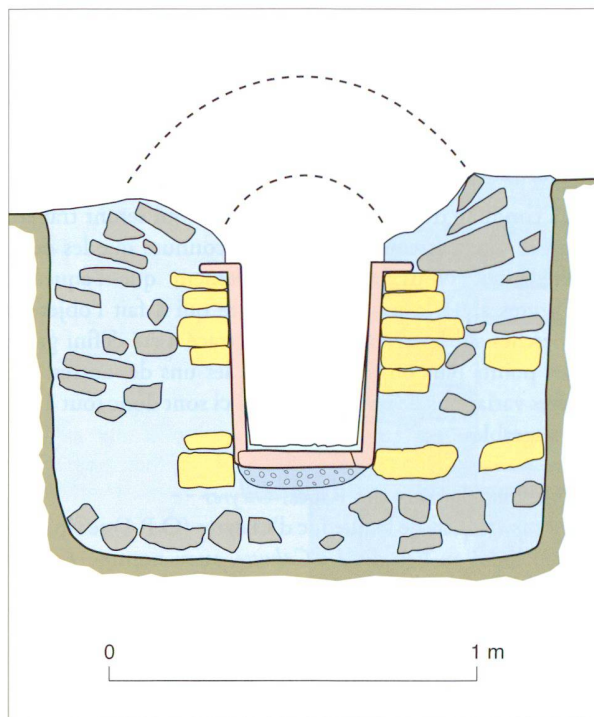


Fig. 26c. Coupe de l'aqueduc de Coppet au point C.13, vue aval. Echelle: 1:20. Altitude du fond du canal: 471,12 m. (légende des couleurs cf. fig. 7b).

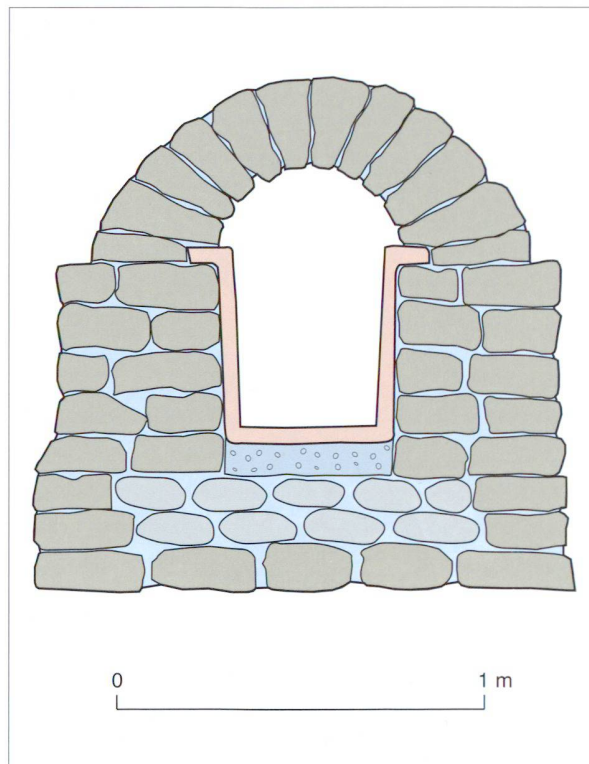


Fig. 27b. Coupe de l'aqueduc de Coppet au point C.16, vue aval. Echelle: 1:20. Altitude du fond du canal: inconnue. (légende des couleurs cf. fig. 7b).



Fig. 27a. Photo de l'aqueduc de Coppet au point C.16.



Fig. 28. Photo de l'aqueduc de Coppet au point C.17.

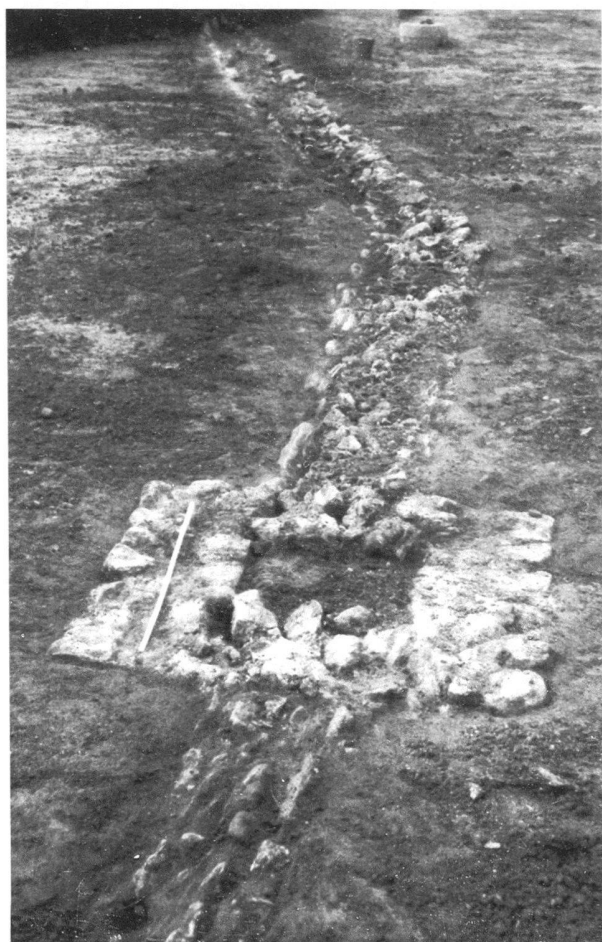


Fig. 29a. Photo de l'aqueduc de Coppet au point C.18 comportant deux coudes et un regard.

au-dessus du niveau de la voûte. A cet endroit, l'altitude de 470,74 m a pu être mesurée au fond du canal, sur les concrétions calcaires.

L'aqueduc doit ensuite marquer un coude assez important, annonçant le franchissement du ruisseau, juste avant qu'il ait été repéré pour la dernière fois dans le quartier de Joli Val (C.19)¹²⁵. Dégagé sur 2,05 m, il ne présentait alors plus qu'une élévation du canal d'une hauteur de 30 cm. L'eau y circulait à l'altitude de 470,72 m, ce qui pose problème pour la suite du parcours. En tirant une ligne droite depuis ce dernier point, la conduite franchirait le Ruz à un niveau inférieur à 469 m. Un ponceau permettait-il de traverser le cours d'eau ? Cette hypothèse est tout à fait envisageable, car un ouvrage d'art à proximité de la ville antique aurait contribué à son prestige.

Par la suite, la structure hydraulique dessine une courbe très prononcée peu avant le point C.P.44, afin de redescendre le vallon à flanc de coteau en suivant plus ou moins la courbe altimétrique de 470 m. Elle s'infléchit une dernière fois en direction du nord-est au point C.P. 48 avant de quitter le vallon du Ruz et de traverser l'enceinte romaine.

¹²⁵ MRA 1988.3.

Le tracé tend ensuite dans la même direction, de manière à peu près rectiligne, vers le château d'eau qui a été localisé, comme celui de l'aqueduc de Bonne Fontaine, en contre-haut du théâtre antique.

L'aqueduc d'Oleyres

La conduite d'Oleyres ainsi que celles qui seront traitées ci-après sont nettement moins bien connues que les deux précédentes. Nous rappelons également que l'aqueduc d'Oleyres a été la première structure qui a fait l'objet de recherches sur le terrain et que son tracé a été défini grâce à des points plus ou moins espacés les uns des autres. De légères variations de tracé entre ceux-ci sont donc tout à fait envisageables.

La Cabutse, Le Bois des Râpes, Oleyres

Le *caput aquae* de l'aqueduc d'Oleyres (O.P.1) se situe en milieu boisé au lieu-dit *La Cabutse*, aussi nommé *Le Bois des Râpes*. Deux découvertes dans la même région permettent de se faire une vague idée du captage. O.1¹²⁶ a été mis au jour lors de travaux pour le compte de la commune d'Avenches en 1906/1907. Il s'agit de « restes de tuiles, de quelques monnaies romaines et de lettres latines¹²⁷ » au fond d'une petite tranchée dans la molasse que l'on pourrait interpréter comme une conduite secondaire ou une canalisation alimentant directement la tête de l'aqueduc. Ce témoignage émane de Léonard Jacquenod qui travaillait alors sur le chantier d'adduction, corroboré par l'ancien propriétaire du terrain, Georges Doleyres.

La présence d'un véritable *specus* (O.2)¹²⁸ est étayée par les dires d'un certain Nicollier qui le compare, de par ses dimensions, au tronçon d'aqueduc mis au jour dans les environs des réservoirs modernes d'Avenches, sur le versant nord-ouest du Bois de Châtel¹²⁹.

Comme le tracé traverse le village d'Oleyres, nous avons choisi de ne pas y effectuer de prospection jusqu'à la fin de l'emprise des habitations. On peut néanmoins restreindre la bande altimétrique à l'intervalle entre les courbes de niveau de 540 m et de 550 m. La conduite a en effet été décelée une cinquantaine de mètres en contrebas d'un chantier de construction à cause d'un petit renflement du terrain (O.3)¹³⁰.

Les Bioles, Bas des Riaux, Vernaules

Le tracé longe ensuite la route actuelle menant à Avenches, avant de s'en éloigner à partir du point O.P.2 pour récupérer l'eau d'une conduite secondaire (O.S.1)¹³¹ à la hauteur d'O.P.5. Cette dernière a été vue par un ancien

¹²⁶ OLIVIER 1942, p. 37-38.

¹²⁷ Les lettres latines sont sûrement des fragments d'inscription, éventuellement en remploi.

¹²⁸ CASPARI 1866-1867, lettre du 22.10.1867.

¹²⁹ Il s'agit du tronçon BC1.1 ; cf. ci-dessous, chapitre 4.3. « Les conduites principales ».

¹³⁰ BLANC 2004, p. 204.

¹³¹ OLIVIER 1942, p. 38-39.

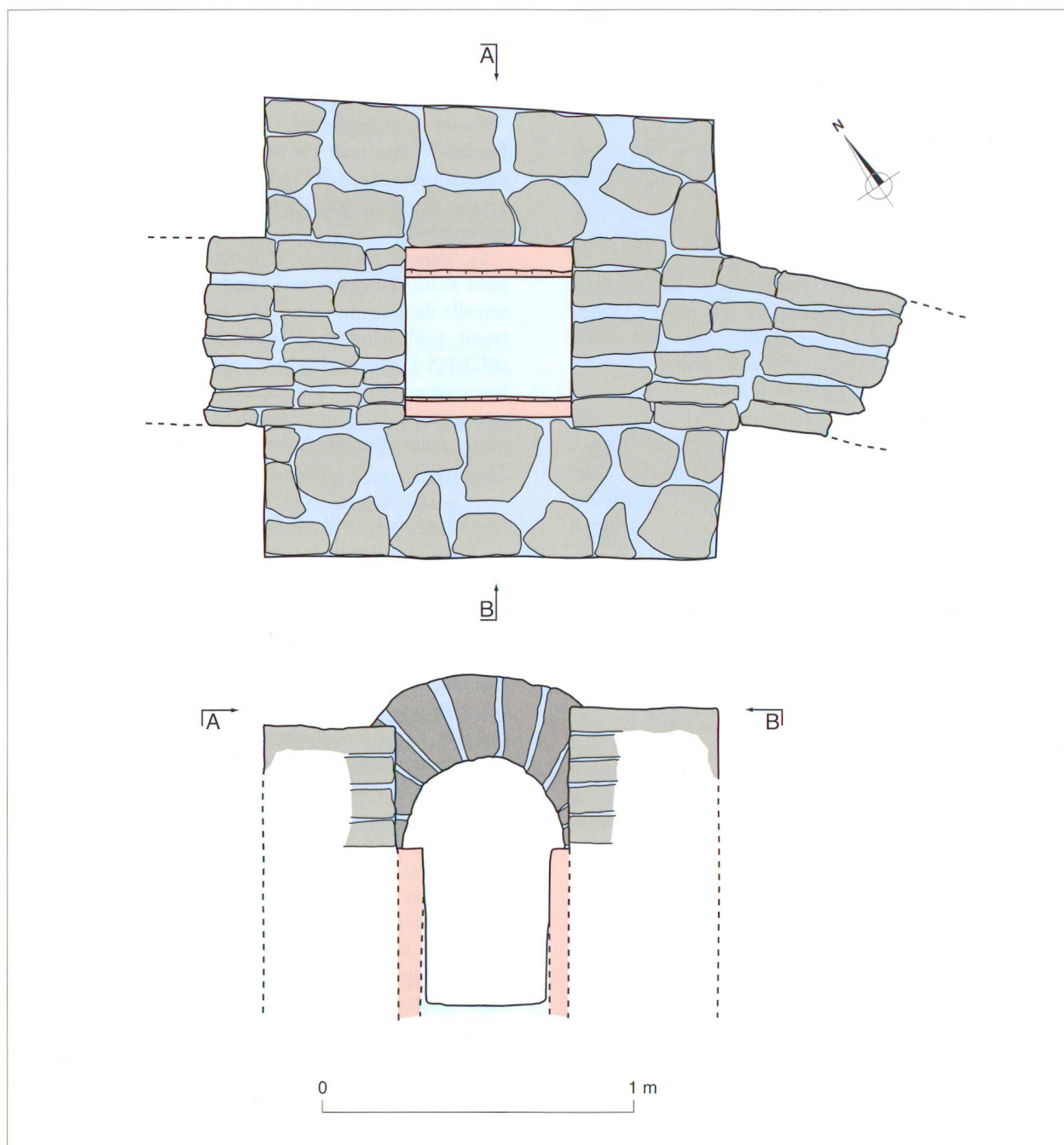


Fig. 29b. Plan et coupe de l'aqueduc de Coppet au point C.18. Echelle: 1:20. Altitude sur concrétions: 470,74 m. (légende des couleurs cf. fig. 7b)

syndic d'Oleyres durant l'exécution des travaux. Cette canalisation provenait selon lui du coin sud-ouest du Bois de Châtel.

La conduite principale change de direction immédiatement après cette jonction et traverse la route Avenches-Oleyres pour se diriger vers le nord, nord-est. Les résultats de la prospection avec le sourcier ont démontré que l'aqueduc passait sous deux ruisselets se déversant dans la Gotala (O.P.7 et O.P.8).

Juste après le second, à proximité du point O.P.8, un tas de pierre recelait, entre autres, des blocs de calcaire jaune et de grès ainsi que de nombreux fragments de mortier de tuileau, en plus d'un gros morceau de béton de tuileau. Ces

monticules sont formés par les agriculteurs qui épierrent leurs champs. Il se trouve que la conduite a été repérée précisément dans les environs de ce champ au lieu-dit *Bas des Riaux* (O.4)¹³².

L'aqueduc décrit ensuite une grande courbe jusqu'au point O.P.10, où il reçoit de l'eau d'une, voire de deux canalisations secondaires. L'une d'entre elles est attestée dans un champ proche de la forêt aux lieux-dits *Vers le Gros Chêne* et *Champforêt* (O.S.2)¹³³. L'auteur de cette décou-

¹³² CHESSEX 1951, p. 44 et 67.

¹³³ OLIVIER 1942, p. 38-39.

verte est l'ancien propriétaire, Charles Miauton, qui y a effectué des travaux en 1885. Suite à nos prospections, il semblerait qu'il y ait en réalité deux conduites distantes de 1 à 3 m qui descendent la pente en longeant la route actuelle.

Quant à la branche principale, elle accuse une grande courbe depuis *Vernaules* en direction du Ruz qui n'est pas encore fortement encaissé à cet endroit précis.

Vallon du Ruz et intra muros

Il faut sûrement opter pour l'option souterraine en ce qui concerne le franchissement du cours d'eau. La conduite romaine, comme les précédentes, longe ensuite le vallon du Ruz à flanc de coteau entre les courbes de niveau de 480 m et de 490 m. Il semblerait qu'elle soit ancrée au pied d'une petite falaise molassique jusqu'au point O.P.17. Nous localiserions volontiers le tronçon O.5¹³⁴ dans cette région. Selon plusieurs auteurs, il y aurait une jonction avec l'aqueduc du Bois de Châtel 1, bien que le tracé de celui-ci semble hors d'atteinte¹³⁵. Il faut donc envisager la présence d'une conduite secondaire.

D'après nos recherches, l'aqueduc d'Oleyres effectue une courbe peu après le point O.P.17 et traverse le rempart juste avant O.P.18. Il continue en droite ligne sur 110 m avant de faire une grande courbe en «S» pour déboucher finalement dans un château d'eau qui se situerait au même endroit que ceux des deux précédentes conduites.

L'aqueduc du Bois de Châtel 1

Comme nous disposions d'un tronçon connu à chaque extrémité de la conduite du Bois de Châtel 1, nous avons eu deux points de départ pour la prospection menée en collaboration avec le sourcier. Le tracé supérieur a été parcouru la première journée jusqu'au rempart, tandis que, le deuxième jour, le point de départ se situait aux thermes d'*En Perruet*. Il s'est avéré que les tracés ainsi définis se rejoignaient au niveau du rempart, sans que l'on ait su à l'avance s'ils étaient liés.

Bois de Châtel

Selon les descriptions de C. Bursian qui en est informé par A. Caspari, un tronçon d'aqueduc maçonné se dirigeant vers le nord aurait été mis au jour près d'un réservoir de la commune d'Avenches (BC1.1)¹³⁶. Ni la tête de l'aqueduc, ni même ce tronçon n'ont été reconnus, car le sourcier n'a plus rien perçu en amont du point BC1.P.1.

J.-P. Aubert nous fournit des informations sur un orifice dans la falaise de la rive droite de l'aven qui se situe plus haut que les réservoirs. Il en déduit qu'il y avait une canalisation taillée dans la molasse, de même orientation que le tronçon maçonné, et qui pouvait de la sorte alimenter

l'aqueduc. Cela est plausible, même si cette région du Bois de Châtel a été depuis longtemps exploitée pour son eau. Cette canalisation pourrait donc sans autre dater d'une époque postérieure à l'Antiquité.

Quant au fameux cadre en calcaire jaune qui, d'après C. Bursian¹³⁷, marquait l'entrée d'un captage romain, il ne date assurément pas de l'époque romaine. P. Chessex a clairement démontré qu'il s'agit en réalité d'un cadre de porte en remploi¹³⁸.

La branche principale se dirige donc en direction du nord avant d'entamer une courbe et de longer la lisière actuelle du Bois de Châtel. Au point BC1.P.3, l'aqueduc reçoit probablement l'eau d'une conduite secondaire (BC1.P.S.1) que nous avons suivie, plus au sud, jusqu'à une intersection de chemins forestiers. Il est fort probable que cette conduite provienne de la région des falaises de la *Champignonnière*, où plusieurs sources sont attestées (carte 1).

Aux abords de la vallée du Ruz et intra muros

La branche principale continue de tendre en direction de Donatyre et décrit un grand virage, tout en suivant la courbe altimétrique de 500 m. C'est probablement là, à proximité de la naissance du vallon du Ruz, que doit se situer le tronçon BC1.2¹³⁹. C. Bursian le met malencontreusement en relation avec la fontaine de Budère qui n'est pas reliée à un aqueduc, ainsi que nous l'avons vu.

Après ce contournement, la structure hydraulique s'oriente vers l'est et marque un coude au point BC1.P.12 pour se diriger vers le rempart qu'elle franchit au point BC1.P.15.

L'aqueduc entame ensuite une grande courbe dès BC1.P.18 et arrive au niveau des trois aqueducs décrits précédemment. Un tracé plus rectiligne est envisageable, mais il aurait alors fallu intégrer un escalier hydraulique pour minimiser la pente, ce qui aurait constitué une solution plus onéreuse.

Contrairement aux autres conduites, celle du Bois de Châtel 1 ne déverse pas ses eaux dans un château d'eau sis au-dessus du théâtre. Elle contourne cet édifice public une trentaine de mètres plus haut et prend ensuite la direction du nord. Elle traverse ainsi d'abord trois *insulae* hypothétiques puis deux autres du *forum*, dont l'*insula* 40 où se situerait la curie. Les fouilles sont anciennes et on ignore si l'aqueduc a été mis au jour à cette occasion. La présence de ce bâtiment n'est cependant pas nécessairement un obstacle pour la conduite. Il est tout à fait possible que la structure hydraulique et l'édifice des décurions aient été construits en même temps, profitant du changement de statut de la ville au début de l'époque flavienne¹⁴⁰.

L'aqueduc parcourt aussi l'*insula* 35, dont on ne connaît aucune construction à l'heure actuelle, si ce n'est un égout qui quitte les thermes voisins et qui entame la partie occi-

¹³⁴ CHESSEX 1951, p.44.

¹³⁵ Cf. ci-dessous, chapitre 4.1. «L'aqueduc du Bois de Châtel 1».

¹³⁶ BURSIA 1867-1870, p. 12 et 28; selon H. Sarraz, ce tronçon se situerait sous le réservoir inférieur datant de 1894 (SARRAZ 1968, p. 62).

¹³⁷ BURSIA 1867-1870, p. 12.

¹³⁸ CHESSEX 1951, p. 44.

¹³⁹ BURSIA 1867-1870, p. 28.

¹⁴⁰ Cf. ci-dessous, chapitre 5.3. «Réflexions chronologiques».

dentale de l'îlot. Au point BC1.P.32, le tracé marque un coude et longe les thermes d'*En Perruet*, avant de traverser le *frigidarium* et d'alimenter les citernes de l'édifice thermal (BC1.3¹⁴¹, fig. 30).

L'aqueduc du Bois de Châtel 2

L'aqueduc du Bois de Châtel 2 n'est connu que grâce à un seul tronçon. Le parcours décrit ci-dessous est donc sujet à caution, puisqu'il résulte uniquement de la prospection menée avec le sourcier et d'une étude cartographique.

Autour de Donatyre

La tête de la conduite se situe sur le versant ouest de la colline dominant Donatyre dans une région riche en sources (carte 1). Dès son origine, elle côtoie celle du Bois de Châtel 3 sur un peu plus d'un kilomètre. L'intervalle qui les sépare est de l'ordre de 1,5 m à 2,75 m. Toutes deux s'orientent dans un premier temps en direction du nord-est, traversant la route cantonale Donatyre-Fribourg.

Un premier obstacle naturel sous forme d'une légère dépression nous amène à la réflexion suivante : comme ce petit vallon naissant ne présente pas encore une dépression importante, les aqueducs auraient pu le traverser en souterrain, mais seulement à condition qu'ils aient été un peu plus profondément enfouis en aval. La forme des courbes de niveau suggère très clairement la présence d'un cours d'eau se jetant dans le Chandon, même si, de nos jours, il est tari. Il est donc envisageable que ce ruisseau se soit enfoncé dans le vallon au cours du temps et que le relief y ait été moins vallonné qu'aujourd'hui.

Les deux aqueducs se déploient ensuite dans la même direction, avant de s'infléchir vers le nord à partir de BC2.P.9 et BC3.P.9. Ce n'est qu'aux abords immédiats de la frontière cantonale, à proximité des points BC2.P.13 et BC3.P.13, que les deux conduites se séparent.

L'aqueduc du Bois de Châtel 2 décrit à cet endroit une forte courbe, s'infléchissant vers l'ouest pour atteindre un point où il a été repéré lors de la construction d'un transformateur (BC2.1)¹⁴². Les archéologues ont toutefois été avertis trop tard et n'ont donc pu ni en relever la structure, ni en observer la section et la technique de construction.

Intra muros

Peu après avoir traversé le rempart, la conduite marque un coude en direction du nord-ouest pour une raison qui n'est pas claire. Y avait-il un bâtiment qui gênait un tracé parfaitement rectiligne ? Toujours est-il que l'aqueduc descend ensuite assez rapidement les coteaux d'*En Perey Jaquemoux*, ce qui laisse supposer la présence d'un escalier hydraulique. Le débouché de la conduite dans le château d'eau a été situé au point BC2.P.25, en contrebas des terrasses agricoles, mais encore en position surélevée par rapport à la plaine.

Une question légitime se pose : pourquoi l'aqueduc du Bois de Châtel 2 ne se dirige-t-il pas directement vers le



Fig. 30. Photo du canal de l'aqueduc du Bois de Châtel 1 avec son fond en opus spicatum, traversant le frigidarium des thermes d'En Perruet, vue amont.

*castellum divisorium*¹⁴³, en direction du nord ? Il faut voir en ces deux conduites une réalisation couplée et simultanée, à des fins d'économie¹⁴⁴. Mais alors pourquoi n'avoir pas construit directement un grand *specus* se divisant en deux à un endroit opportun ? Nous n'avons malheureusement pas d'éléments de réponse à cette question.

L'aqueduc du Bois de Châtel 3

La conduite du Bois de Châtel 3 n'est connue, elle aussi, que par un seul tronçon. Il faut encore une fois relativiser les données issues des prospections puisque nous n'avons pas assez d'informations à recouper. Notons en outre que cette conduite se dénomme « aqueduc du Creux de la Vigne » dans les ouvrages qui en font mention¹⁴⁵.

Autour de Villarepos/FR

Comme nous l'avons dit ci-dessus, les deux conduites provenant du versant ouest du Bois de Châtel sont liées par leur tracé sur plus d'un kilomètre. Ce n'est qu'à partir de BC3.P.13 que l'aqueduc du Bois de Châtel 3 s'affranchit de l'autre en continuant en direction du nord, au lieu de s'infléchir vers l'ouest. Il a pu voir son volume d'eau aug-

¹⁴¹ BOURQUIN 1954, p. 98-99 et 114, pl. 8-9.

¹⁴² AUBERT 1969, p. 25.

¹⁴³ Lat. : château d'eau ; parfois aussi nommé *castellum aquae*.

¹⁴⁴ Cf. ci-dessous, chapitre 5.3. « Réflexions chronologiques ».

¹⁴⁵ AUBERT 1968, p. 19 ; AUBERT 1969, p. 25.

menté par le captage de trois sources entre BC3.P.17 et BC3.P.23 (carte 1). Cela n'est que pure supposition, car nous n'avons pas eu la possibilité de rechercher des captages secondaires dans cette région.

Plus loin, les ingénieurs romains ont tiré profit des flancs d'une petite colline pour que l'aqueduc descende en pente douce en la contournant. Depuis BC3.P.33, celui-ci se dirige en droite ligne vers le rempart.

Intra muros

Le franchissement de l'enceinte romaine s'effectue au point BC3.1¹⁴⁶, qui a fait l'objet de fouilles en 1933 (fig. 31). Plus loin, l'aqueduc marque un léger coude et se dirige vers le point le plus bas de la dépression. Dans cet intervalle, il reçoit de l'eau provenant de deux conduites secondaires (BC3.P.S.1 et BC3.P.S.2). Celles-ci sont très



Fig. 31a. Photo de l'aqueduc du Bois de Châtel 3 traversant le rempart au point BC3.1.

courtes, puisqu'elles s'approvisionnent en eau dans la partie actuellement boisée du *Creux de la Vigne*, au pied d'un escarpement important. A la suite de cet apport en eau, la branche principale décrit une grande courbe pour aboutir à un château d'eau se situant quelque peu en contrebas de la route moderne menant à la porte de l'Est (BC3.P.41).

On ne connaît pas l'altitude de la conduite au point BC3.1, bien que cette information eût permis de préciser la localisation de l'aqueduc dans cette région. Sa présence est

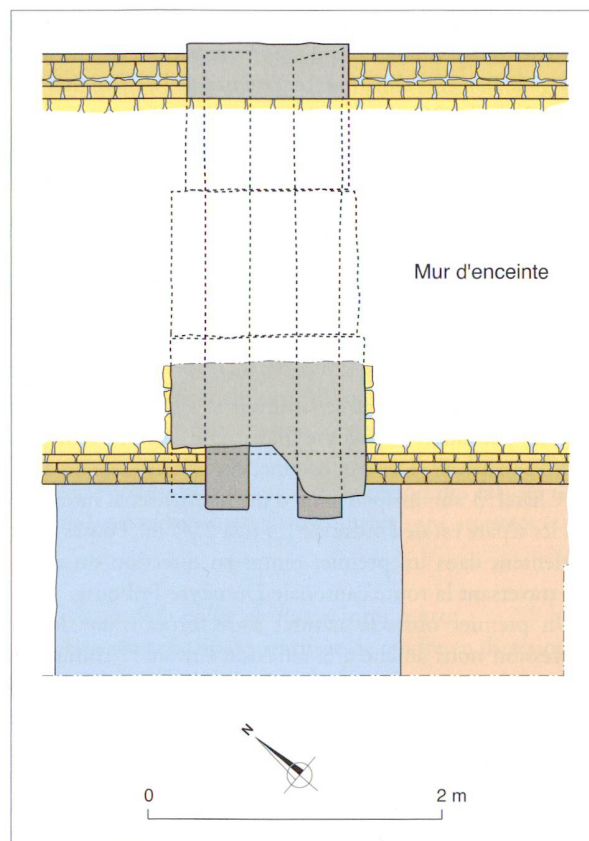


Fig. 31b. Plan de l'aqueduc du Bois de Châtel 3 traversant le rempart au point BC3.1. Echelle: 1:50. (légende des couleurs cf. fig. 7b).

bel et bien avérée, mais les quelques sondages archéologiques opérés dans les environs n'ont malheureusement pas permis d'effectuer des recoupements. Les aînés d'Avenches se souviennent pourtant encore précisément de leurs temps libre passé à jouer dans le canal, avant que celui-ci ne soit obstrué pour plus de sécurité¹⁴⁷. Il faut toutefois noter que les sondages d'alors n'étaient pas continus et que la structure a très bien pu passer entre les mailles du filet.

Un tracé rectiligne se dirigeant vers le nord depuis le captage aurait également pu être envisagé pour cet aqueduc, sa situation étant justifiée par la recherche de ponctions secondaires pour augmenter le volume d'eau.

L'aqueduc du Creux de la Vigne, conduite romaine ou drainages post romains?

Une autre conduite a été repérée par prospection dans cette région très humide du *Creux de la Vigne*. Elle partageait le même château d'eau que l'aqueduc du Bois de Châtel 3 qui a ainsi constitué le point de départ pour localiser le tracé de la nouvelle conduite. Il s'est avéré, en remontant la pente, que l'aqueduc était d'une faible longueur et que son captage (CV.P.1) se situait dans l'escarpement sud-est du *Creux de la Vigne*. Rappelons-nous que ce même bosquet pentu est à l'origine de deux conduites secondaires.

¹⁴⁶ MRA 1933.

¹⁴⁷ Communication orale d'Anne Hochuli-Gysel.

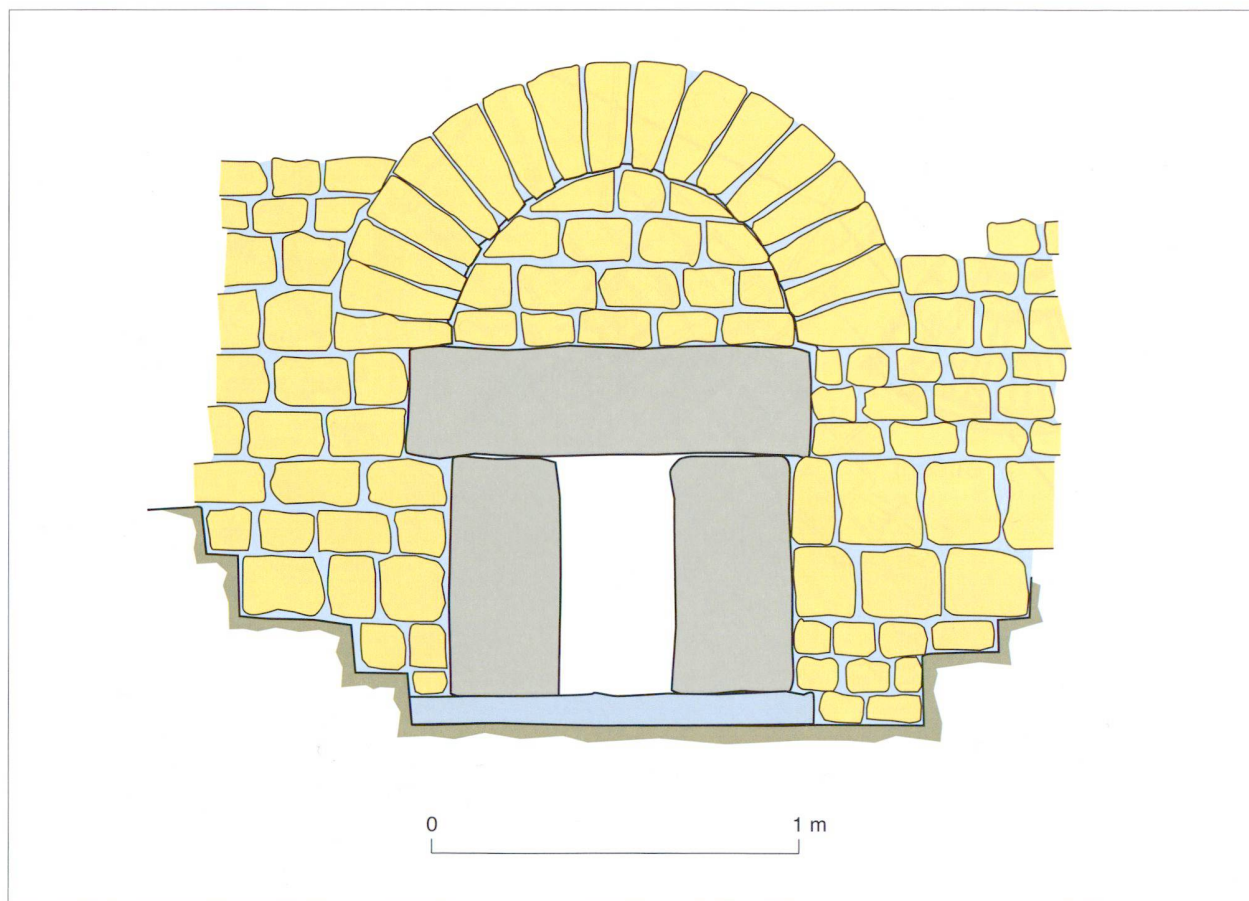


Fig. 31c. Coupe de l'aqueduc du Bois de Châtel 3 traversant le rempart au point BC3.1, vue amont. Echelle: 1:20. Altitude du fond du canal: inconnue. (légende des couleurs cf. fig. 7b).

De nombreux drainages ont été entrepris au cours des temps dans cette dépression dont le sous-sol renferme de l'eau en grande quantité. Il faut toutefois émettre certaines réserves quant à l'existence de cet aqueduc qui n'a jamais été vu auparavant. Il est tout à fait possible que nous ayons suivi l'un de ces drainages que les agriculteurs auraient conduit par hasard (ou délibérément?) dans le château d'eau.

4.2. Les aboutissements

Les châteaux d'eau

La localisation des *castella divisoria* a été possible grâce à la prospection menée en compagnie du sourcier car il n'en existe à ce jour aucune trace sur le territoire d'Aventicum. En parcourant les abords immédiats des différents aqueducs à l'intérieur du rempart, le sourcier avait décelé une surface mouillée nettement plus importante que la largeur du *specus* lui-même. Il faut toutefois rester ouvert à d'autres hypothèses; il pourrait aussi s'agir de bassins de décantation ou même des réservoirs postérieurs à l'époque romaine. Après avoir reconnu la structure, nous avons piqueté les côtés du bassin afin d'en mesurer les dimensions et d'en distinguer d'éventuelles canalisations sortantes. Précisons que nous n'avons mis en évidence que la surface mouillée du bassin et non toute l'emprise du *castellum divisorium*.

La topographie locale doit impérativement être prise en considération pour la recherche de bassins de répartition. Ceux-ci se situent en général sur les hauteurs d'une ville, pour autant qu'il n'y ait pas une trop grande différence altimétrique avec les quartiers à desservir. Si les ingénieurs romains ne respectaient pas ce principe, ils étaient alors obligés d'ériger un grand nombre de châteaux d'eau secondaires. En effet, une pression excessive due à une dénivellation trop importante aurait fait exploser les canalisations en plomb, pourtant réputées les plus résistantes de toutes. La pression maximale que ces canalisations sont capables de supporter est de l'ordre de $1,015 \text{ kg/cm}^2$, ce qui représente une colonne d'eau de $10,15 \text{ m}^{148}$. Nous ne connaissons pas de telles structures dans la ville antique d'Avenches, mais il est vrai que ces bassins de décharge étaient parfois aménagés sur des bâtiments publics ou privés, sous forme de grosses cuves en plomb ou en maçonnerie qui ne laissent aucune trace identifiable, si ce n'est celles des fondations des édifices eux-mêmes. Il est cependant indéniable que la partie basse d'Aventicum devait receler de tels aménagements.

¹⁴⁸ J. PELEG, Der Zweck und der Betrieb der Wassertürme in Pompeji, in: HAAN/JANSEN 1996, p. 33-36. Nous parlons ici de canalisations en contexte urbain, car des conduites en plomb ont fréquemment été employées dans des siphons dont la colonne d'eau était nettement supérieure à 10 m.

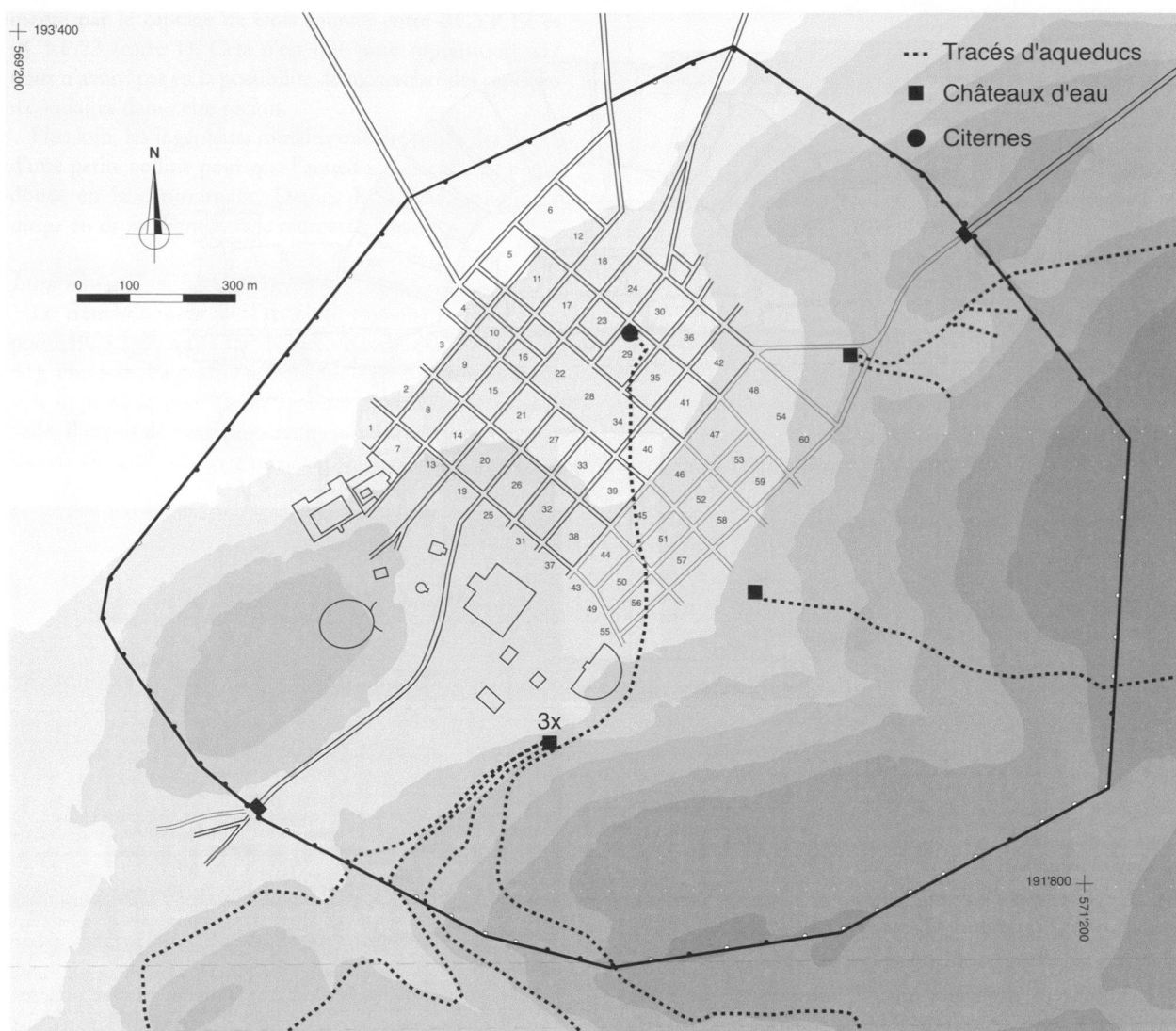


Fig. 32. Plan des châteaux d'eau et des citernes alimentés par les aqueducs aventiciens.

Aqueducs de Bonne Fontaine, de Coppet et d'Oleyres

Trois *castella divisoria* ont pu être identifiés en contre-haut du théâtre antique au lieu-dit *Au Gros Tertre* (fig. 32). Cet emplacement est judicieux à plus d'un titre : les aqueducs ne doivent pas traverser la ville, les bassins surplombent toute la plaine et la différence altimétrique n'est pas trop importante. L'interprétation d'une photographie aérienne corrobore d'autre part notre hypothèse (fig. 33). Sur celle-ci, une ligne relie notre secteur d'intérêt à un sanctuaire/nymphée¹⁴⁹. Le ton sombre de ce trait pourrait plaider en faveur d'une récupération, peut-être d'une canalisation d'amenée d'eau.

La région desservie par les trois châteaux d'eau comporte non seulement le quartier religieux évoqué ci-dessus, mais aussi tout le réseau d'*insulae* de la plaine. On peut même

envisager qu'il y ait eu une interaction entre les différents bassins. De la sorte, il était possible d'adapter les ressources en eau à la demande variable des différents quartiers, ou de fermer un bassin de répartition pour son entretien régulier.

L'aqueduc de Bonne Fontaine débouche dans son château d'eau au point BF.P.251, entre les courbes de niveau de 460 m et de 470 m, sans doute plus proche de la première. Le bassin de répartition se présente sous une forme trapézoïdale d'une longueur de 5,5 m pour une largeur de 4,1 m, ce qui nous donne une superficie d'approximativement 21,4 m². Dans le prolongement de l'aqueduc, de l'autre côté du château d'eau, il semble y avoir une ouverture de dimension assez importante pour un égout, un élément que l'on retrouve notamment sur les *castella divisoria* de Nîmes, de Carthage ou de Tebourba/*Thuburbo Minus* en Tunisie¹⁵⁰. Du côté occidental, au moins deux

¹⁴⁹ L'interprétation de ce quadriportique comportant un canal sur ces quatre côtés n'est pas encore claire. Etabli dans le quartier des sanctuaires du *Lavoëx* avec son propre enclos, cet édifice possède cependant une forte connotation religieuse.

¹⁵⁰ Cf. le site Internet : www.cs.uu.nl/people/wilke/castellain-tro/castellae.htm.

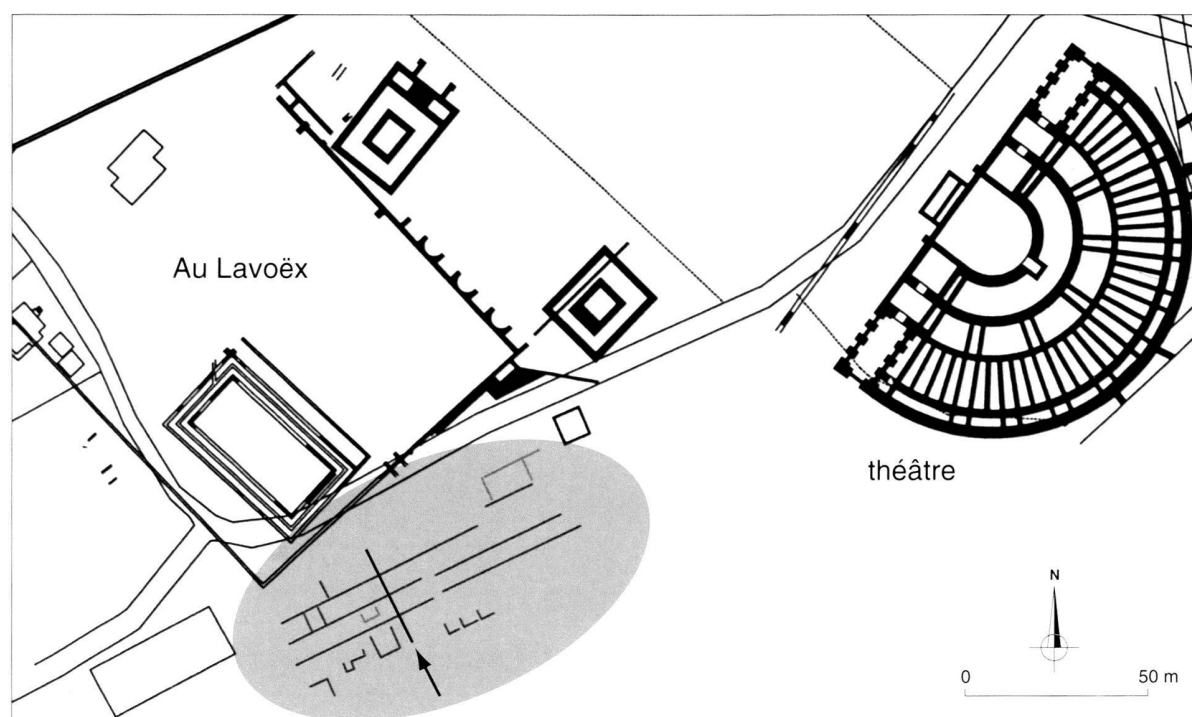


Fig. 33. Extrait du plan interprétatif des photos aériennes au sud du nymphéel-sanctuaire. La zone interprétée est entourée en gris. La flèche marque l'éventuelle récupération d'une canalisation provenant des châteaux d'eau. Échelle: 1:2'000.

conduites de diamètre assez important partent en direction de la plaine.

Le bassin de répartition de la conduite de Coppet se situe légèrement plus haut que celui de Bonne Fontaine, aux alentours de 470 m (C.P.53). Il est toutefois nettement moins grand avec ses 10,8 m². Il semble aménagé de manière quasiment identique au précédent: de forme trapézoïdale avec une longueur de 3,7 m et une largeur de 3,25 m, il comporte également un égout à l'opposé de l'aqueduc et deux canalisations se dirigeant vers la plaine.

Quant à l'aqueduc d'Oleyres, il se jette dans un *castellum divisorium* au point O.P.22, à environ 472 m d'altitude. Celui-ci se différencie des deux autres par sa forme en trapèze plus allongé (10,6 m de long et 5 m de large) et sa superficie plus grande, de 44,3 m². Mais alors pourquoi les constructeurs romains ont-ils édifié un ouvrage de telles dimensions, alors que les deux autres, situés dans le même secteur, sont de taille nettement inférieure? Il est difficile d'y répondre, car ce n'est sûrement pas à cause d'un débit plus important. Les ingénieurs romains ne seraient pas allés capter les eaux des sources de Bonne Fontaine à plus de 16 km si le débit n'était pas important, à moins que d'autres facteurs aient joué un rôle, comme par exemple la qualité de l'eau, voire des considérations religieuses. On ne connaît toutefois pas la profondeur des différents bassins de distribution, raison pour laquelle il faut nuancer l'importance de la superficie de ces structures. L'agencement général de ce troisième château d'eau paraît identique à celui des deux autres: un égout prolonge l'aqueduc à la sortie du bâtiment et deux canalisations descendent en direction de l'ouest.

Aqueduc du Bois de Châtel 2

Le *castellum divisorium* de l'aqueduc du Bois de Châtel 2 a été localisé au point BC2.P.25, en contrebas des terrasses d'En Perey Jaquemoux (fig. 32). De par sa situation sur la courbe de niveau de 462 m, il lui était possible d'alimenter le même secteur que les trois bassins de répartition existant au-dessus du théâtre, tout en se concentrant toutefois sur la plaine. Le château d'eau est en effet situé quasiment dans l'axe du *forum*, lui-même au centre du plan urbain d'*Aventicum*.

L'aqueduc y pénètre par le sud, après avoir décrit une légère courbe en «S», sans doute pour freiner quelque peu l'écoulement de l'eau. Il débouche alors dans un bassin de répartition dont les dimensions sont importantes, avec une longueur d'environ 8,25 m pour une largeur de 5,3 m et une superficie de 42 m². Les émissaires de ce bassin sont difficiles à interpréter, bien que quatre d'entre eux ne posent pas trop de problèmes. Sur le côté nord, à l'opposé de l'arrivée de l'aqueduc, on retrouve un égout, qui se caractérise par une assez grande largeur, ainsi qu'une autre canalisation. Sur le côté est, deux autres canalisations quittent l'édifice, tandis qu'une troisième ouverture, d'une largeur d'environ 40 cm, peut être interprétée comme le débouché d'une autre adduction ou comme un émissaire de très gros calibre. On retrouve ce genre d'ouverture par deux fois dans le côté opposé. Peut-être s'agit-il de deux adductions provenant du ruisseau de la Ria¹⁵¹ ou d'une source localisée tout près (carte 1).

¹⁵¹ L'eau de source est toutefois préférée à l'eau de cours d'eau.

Aqueducs du Bois de Châtel 3 et du Creux de la Vigne

Comme nous l'avons déjà vu, deux conduites, celle du Bois de Châtel 3 (BC3.P.41) et celle du Creux de la Vigne (CV.P.7), se déversent dans le dernier château d'eau que nous allons décrire. Il a été situé sur la courbe de niveau de 473 m, en contrebas du *Creux de la Vigne* (fig. 32), lui permettant ainsi d'alimenter toute la région sud-est construite à flanc de coteau, et ce dès l'époque flavienne¹⁵². Les nombreuses interventions archéologiques dues aux aménagements fonciers n'ont toutefois jamais révélé de vestiges à caractère hydraulique.

D'une superficie de 73,6 m², ce château d'eau est le plus grand de tous. Il est également de forme trapézoïdale, avec une longueur de 8 m et une largeur de 11,55 m. Les aqueducs y pénètrent par le sud-est et devaient y apporter une grande quantité d'eau, comme le suggèrent ses dimensions imposantes. Il n'est donc pas étonnant de constater qu'un grand nombre de canalisations quittent ce bassin de répartition. On dénombre ainsi deux canalisations côté nord-est et trois sur le côté sud-ouest, ainsi que deux canalisations et un égout du côté nord-ouest. Avec un total de sept conduites rayonnantes, ce château d'eau est une véritable plaque tournante de la distribution d'eau dans la partie orientale d'*Aventicum*.

Les citernes

L'aqueduc du Bois de Châtel 1 se déverse dans les citernes des thermes d'*En Perruet* au point BC1.3 (fig. 32). Une adduction directe à destination d'un édifice thermal n'est pas un cas unique dans le monde romain, mais les exemples ne sont pas très fréquents. Ce sont généralement des thermes de grandes dimensions, souvent dus à la générosité de l'empereur. Les plus connus sont sans conteste les thermes de Caracalla à Rome et les thermes d'Antonin à Carthage. On peut trouver d'autres exemples, plus modestes, d'une alimentation directe dans les thermes de Sainte-Claire à Périgueux, dont les eaux proviennent de l'aqueduc de Grandfont¹⁵³, et dans l'édifice thermal de l'Arc de Diane à Cahors¹⁵⁴. Le cas avenchois, bien que n'étant pas unique pour une capitale de cité, mérite tout de même notre attention.

Le plan de l'édifice thermal et de ses annexes est sujet à caution parce qu'il en existe plusieurs versions, remontant pour les plus anciennes au XIX^e siècle. Il semble qu'une série de citernes aient été disposées côte à côte, sans pour autant qu'on en connaisse la superficie et l'agencement exact; certains plans nous montrent trois citernes allongées (fig. 34), d'autres plutôt deux de plus grande dimension et en enfilade. Cette partie des thermes restera pleine d'interrogations, à moins d'y effectuer des fouilles dans les années à venir.

Le niveau des citernes étant assez bas par rapport aux sols des thermes, il devait exister un étage de plus pour per-

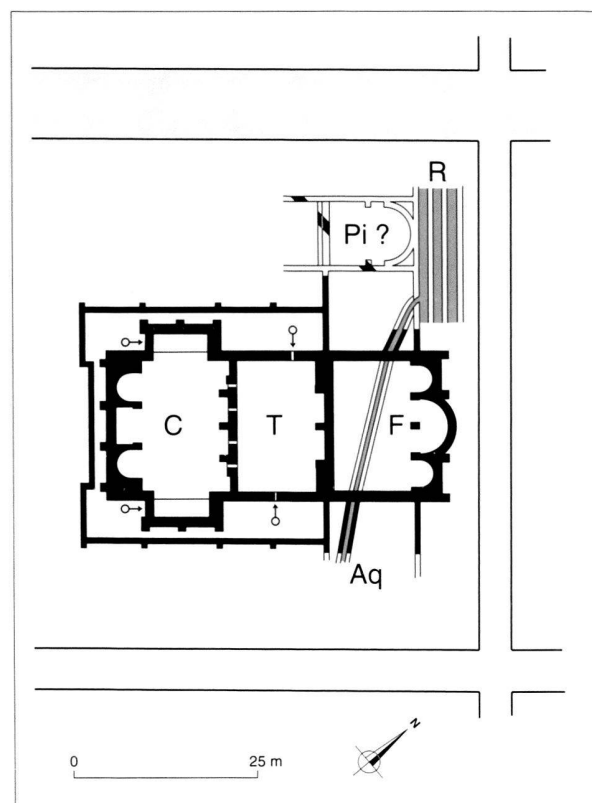


Fig. 34. Plan des thermes d'En Perruet à l'état 1. Aq: aqueduc, C: caldarium, F: frigidarium, P: palestra, Pi: piscine, R: citernes, T: tepidarium. Sans échelle.

mettre à l'eau de circuler dans les canalisations sous pression. Deux possibilités apparaissent alors: soit l'eau était continuellement puisée par des esclaves, ce qui paraît assez invraisemblable, soit elle était introduite dans une ou plusieurs citernes supérieures grâce une machine élévatrice ou une pompe. Depuis que certains chercheurs¹⁵⁵ se sont penchés sur le sujet, il s'avère que ce genre de mécanisme n'était pas si rare.

L'aqueduc est déjà désaffecté après une quarantaine d'années d'existence¹⁵⁶. Il est fort probable qu'il ait été réutilisé par la suite comme collecteur d'eaux usées, comme le suggère le grand nombre d'épingles retrouvées dans le limon qui s'est déposé au fond du canal¹⁵⁷. Là encore, une investigation archéologique à l'emplacement des citernes permettrait d'en savoir davantage. Nous ne savons pas ce qu'il est advenu du tronçon amont de la conduite après la mise hors service de son parcours dans les thermes.

¹⁵² Cf. ci-dessous, chapitre 5.3. « Réflexions chronologiques ».

¹⁵³ GRENIER 1960, p. 156.

¹⁵⁴ HOULÈS 1998, p. 117-119.

¹⁵⁵ Alain Bouet est l'un des chercheurs les plus actifs dans ce domaine; une publication générale vient d'ailleurs de paraître: A. BOUET *et al.*, *Aquam in altum exprimere, les machines élévatrices d'eau dans l'Antiquité*, Bordeaux, 2005.

¹⁵⁶ Cf. ci-dessous, chapitre 5.3. « Réflexions chronologiques ».

¹⁵⁷ J. BOURQUIN, Les thermes de « Perruet », *BPA* 16, 1954, p. 93-114. Cette hypothèse a été émise lors d'une conversation avec J. Morel et Ph. Bridel.

4.3 La technique de construction

3.1 Les conduites principales

Le choix des divers matériaux de construction employés pour les conduites principales qui alimentaient *Aventicum* relève directement de leur présence naturelle à proximité des tronçons. On trouve ainsi dans les fondations et les piédroits des matériaux aussi diversifiés que des galets ou des boulets tirés des rivières, du grès grossier ou du grès coquillier, de la molasse et même des fragments de blocs erratiques¹⁵⁸. En se rapprochant de la ville, on voit aussi apparaître des moellons de calcaire jaune qui proviennent directement des carrières du pied du Jura ou qui sont en remploi. Le tuf a été utilisé en général pour la couverture des aqueducs, mais on retrouve de nombreux exemples de claveaux constitués de grès grossier ou de grès coquillier.

Les conduites sont en principe bâties dans une tranchée taillée dans la roche mère (fig. 21b). La largeur, mais surtout la profondeur de cette tranchée varient selon les cas. Le radier est composé d'un hérisson surmonté d'une chape de béton de chaux, ou plus rarement de pierres noyées pêle-mêle dans du mortier de chaux. Sur ces fondations s'appuient les deux piédroits maçonnés qui forment le canal en lui-même. Celui-ci est enduit de mortier de tuileau au fond et sur les faces internes des piédroits, jusque sur l'imposte de la voûte, ce qui constitue une particularité des aqueducs aventiciens¹⁵⁹. Quant à la couverture, elle est toujours constituée d'une voûte comportant un nombre variable de claveaux. Enfin, on retrouve fréquemment des concrétions calcaires qui se sont formées au cours de l'utilisation et qui nous indiquent la hauteur de l'eau dans le *specus*.

Nous présenterons dans les paragraphes suivants les particularités des différents tronçons qui les singularisent par rapport à la technique de construction habituelle, qu'on vient d'évoquer. Nous y ajouterons également toutes les descriptions qui nous ont été transmises dans les ouvrages antérieurs et dont on ne possède pas de relevés.

Aqueduc de Bonne Fontaine

Le tronçon BF.3 témoigne probablement d'une erreur de calcul de pente qui a dû être compensée par des fondations d'une épaisseur démesurée (fig. 7b)¹⁶⁰. La fine couche de concrétion calcaire qui se situe au fond de la tranchée de BF.7 est très probablement due à une fuite locale du canal (fig. 11b). Quant au tronçon BF.13, il se démarque des autres à cause du mortier de tuileau qui recouvre entièrement l'arase des piédroits, ainsi que par le fait qu'il n'est pas établi dans une tranchée (fig. 13).

Nous ne possédons pas de coupes de l'aqueduc hors de la vallée de l'Arbogne. Au sujet de BF.19, M. Rapin-Jan nous apprend cependant que la conduite est maçonnée, voûtée et enduite de mortier de tuileau¹⁶¹. Plus loin en aval, à proximité de la Baume (BF.25 et BF.27), les matériaux

sont indirectement décrits, car C. Mouraz signale l'absence de dalles, de blocs de grès et de briques¹⁶². Il faut donc envisager la présence de calcaire jaune. Il décrit aussi la largeur de la conduite, qui est d'un mètre, mais nous ignorons s'il s'agit du canal uniquement ou de la conduite tout entière. La première hypothèse est la plus vraisemblable puisque le tronçon le plus proche du captage mesure déjà 1,6 m de large. Nous aurions donc affaire à un canal d'une section plus grande, sans doute à cause de l'important apport en eau de la branche secondaire provenant de *Romanex*. Finalement, nous savons également que les tronçons BF.29 et BF.30 sont composés de calcaire jaune¹⁶³.

Aqueduc de Coppet

Contrairement à la conduite précédente, celle de Coppet est bien mieux connue à la fin qu'au début de son parcours, et ce grâce aux investigations archéologiques récentes. Bien que celles-ci aient été superficielles au point C.12, ce tronçon se démarque des autres à deux reprises (fig. 25b). Le mortier de tuileau qui enduit les parois du canal ne fait pas retour sur l'imposte de la voûte. Quant au fond, il est constitué d'une tuile en lieu et place du traditionnel revêtement hydraulique romain¹⁶⁴. Malgré l'absence de coupe et en dépit de son très probable glissement dans le terrain, le tronçon du point C.15 révèle une nouvelle particularité. Il s'agit d'une semelle drainante, composée de petits galets sans mortier, sur laquelle repose un radier maçonné assez important¹⁶⁵. Le tronçon C.16, remarquablement conservé, présente une tranchée de fondation étroite pour le radier, puis évasée pour les piédroits et la voûte (fig. 27b).

Bien que C.18 n'ait pas été fouillé jusqu'à au fond de la structure, il se démarque de tous les autres tronçons par la présence d'un regard (fig. 29b). De forme plus ou moins carrée, les côtés du puits d'entretien mesurent 1,45 m, 1,4 m, 1,44 m et 1,46 m, tandis que l'ouverture est de 54 cm sur ses quatre côtés. L'élévation n'est pas conservée au-dessus du niveau de la voûte.

Aqueduc d'Oleyres

Il n'existe malheureusement pas de coupes ni de plan concernant la conduite d'Oleyres. Nous disposons cependant de rares témoignages écrits, dont celui d'un certain Nicollier qui affirme que la conduite était maçonnée à proximité du captage (O.2)¹⁶⁶. Selon lui, cette conduite aurait été de petite dimension, avec une largeur totale de 60 cm et de 16 cm pour le canal. La couverture n'a pas été décrite, mais, compte tenu de la taille de l'ouvrage, on peut raisonnablement supposer qu'elle devait être composée de dalles.

¹⁶² OLIVIER 1942, p. 56-57.

¹⁶³ OLIVIER 1942, p. 57-58.

¹⁶⁴ Des *tegulae mamatae* sont avérées, notamment sur l'aqueduc de Nyon: BUHATIER 1983.

¹⁶⁵ MRA 1987.1.

¹⁶⁶ BURSIA 1867-1870, p. 12 et 28.

¹⁵⁸ ROTHEY 1917, p. 35.

¹⁵⁹ Cf. ci-dessous, chapitre 6. « Comparaisons et parallèles ».

¹⁶⁰ AUBERT 1968, p.37; AUBERT 1969, p. 31.

¹⁶¹ OLIVIER 1942, p. 54.

Aqueduc du Bois de Châtel 1

L'aqueduc du Bois de Châtel 1 a été localisé près de son captage, où il présenterait les mêmes dimensions que celui décrit ci-dessus. Comme pour l'aqueduc d'Oleyres, on peut y envisager la présence d'une couverture de dalles.

Ses vestiges sont nettement plus concrets au point BC1.3, dans le *frigidarium* des thermes d'En Perruet¹⁶⁷. Les piédroits, de presque 60 cm de largeur, sont parfaitement parementés, à l'intérieur comme à l'extérieur du canal, et les joints sont même tirés au fer. Le matériau utilisé est exclusivement du calcaire jaune, dont certains moellons sont rubéfiés, ce qui indique un remploi. Bien que des claveaux aient été repérés dans le mur sud du *frigidarium*, nous ne pouvons pas affirmer que la couverture de la conduite ait été voûtée ailleurs qu'au passage des murs. Au vu du niveau du sol en cailloutis relevé dans la palestra au nord du bâtiment, il est même très probable que la structure hydraulique ait été couverte de dalles. Le canal, large de 60 à 66 cm, est doté d'un fond particulier ; il est composé d'une couche de mortier de tuileau de 3 cm d'épaisseur sur laquelle reposeraient des dalles carrées observées par Jean Bourquin, dalles que l'on ne peut plus distinguer de nos jours. Elles auraient constitué une assise régulière recevant des plaquettes de terre cuite disposées en *opus spicatum*. Notons qu'il est pour le moins étrange de trouver un fond d'aqueduc aussi soigné. Cette technique de construction, inédite pour ce type de structure, servait-elle à filtrer l'eau avant son entrée dans les citernes ?

Aqueduc du Bois de Châtel 3

BC3.1 est le seul tronçon attesté de la conduite du Bois de Châtel 3. Avec les différents ressauts qui élargissent le rempart, ce sont pratiquement trois mètres qu'il lui fallait traverser. Des dalles de grès d'une épaisseur d'une trentaine de centimètres sont posées de chant sur un lit de béton de chaux. D'autres dalles du même matériau reposent à l'horizontale sur les précédentes, formant ainsi un canal de 33 cm de large pour une hauteur maximale de 65 cm. Deux choses surprennent : d'une part, le manque un revêtement de dalles ou de tuiles au fond du canal, car le béton de chaux n'est absolument pas adapté au passage de l'eau. D'autre part, l'absence d'enduit de tuileau sur les parois est également étrange, même si de l'argile aurait parfaitement pu remplacer le mortier hydraulique. Il n'existe cependant aucune description de ce tronçon et les photos disponibles ne permettent pas de se prononcer à ce sujet. Un arc de décharge constitué de claveaux en calcaire jaune couronne le dispositif.

Les conduites secondaires

Aqueduc de Bonne Fontaine

J.-P. Aubert a découvert une tranchée dans la roche molassique, qui se dirige vers la conduite principale (BF.S.1)¹⁶⁸, mais nous ne connaissons rien d'une éventuelle canalisation qui y aurait pris place.

En revanche, nous disposons d'une description détaillée de la conduite secondaire BF.S.2¹⁶⁹ (fig. 10). Elle a été mise au jour dans un petit sondage, à 1,2 m de profondeur. Une couche d'argile naturelle pure servait de lit de pose aux *tegulae* de la conduite. Les rebords pointant vers le haut ont été volontairement cassés à une des extrémités des tuiles, afin de pouvoir les emboîter sans problème. Les parois de l'adduction étaient constituées de galets ou de boulets tirés de l'Arbogne, tandis que de larges pierres plus ou moins plates ont été choisies pour former la couverture. Nous ne connaissons pas le mode d'étanchéité, mais nous pouvons avancer l'hypothèse de l'utilisation d'argile, disponible dans le secteur.

En ce qui concerne le tronçon BF.S.3, il semblerait qu'il s'agisse d'une conduite maçonnée, semblable à la branche principale, mais le document s'y rapportant et qui nous intéresse¹⁷⁰ n'est pas assez explicite à ce sujet.

Aqueduc de Coppet

H. Vorlet nous a transmis trois descriptions de conduites secondaires dans le hameau de Granges-Rothey¹⁷¹. La conduite C.S.1 est maçonnée et voûtée, identique en tous points à la branche principale dans laquelle elle se jette.

Une petite voûte maçonnée au pied d'un talus, probablement moderne, marque l'emplacement de la source qui a été captée à l'époque romaine pour alimenter la canalisation C.S.2 (fig. 17). Celle-ci est composée de blocs de tuf équarris qui reposent sur la roche molassique, formant un canal de 15 cm de large et de 10 cm de haut. Des petits galets sont également disposés le long des moellons de tuf. Le tout est recouvert par des dalles de grès.

La troisième conduite secondaire (C.S.3) doit s'apparenter à celle de l'aqueduc de Bonne Fontaine, que nous avons déjà décrite (BF.S.2), mais à la différence près que les piédroits étaient formés de calcaire jaune et non de boulets ou de galets tirés du lit d'une rivière.

Aqueduc d'Oleyres

Les conduites secondaires de l'aqueduc d'Oleyres sont les moins bien connues de toutes. En ce qui concerne O.S.1, nous savons uniquement qu'elle était composée de tuiles de type indéterminé¹⁷². La canalisation O.S.2¹⁷³, en revanche, est mieux décrite : il s'agit d'*imbrices* recouvertes par des *tegulae* qui formaient un canal de l'ordre de 30 cm de large.

5. Les données chiffrées

5.1. Dimensions du canal des différents tronçons observés

Grâce aux données transmises par les précédentes publications ou récoltées lors de fouilles, nous disposons

¹⁶⁹ SAEF 1899.

¹⁷⁰ MEIER.

¹⁷¹ VORLET 1910, p. 1-4.

¹⁷² OLIVIER 1942, p. 38-39.

¹⁷³ OLIVIER 1942, p. 38-39.

¹⁶⁷ BOURQUIN 1954, p. 98-99.

¹⁶⁸ AUBERT 1968, p. 44 ; AUBERT 1969, p. 32.

Aqueduc	Largeur canal [cm]	Hauteur canal [cm]	Largeur canal av. concr. [cm]	Hauteur canal av. concr. [cm]	Hauteur flèche [cm]	Section utile maximale [cm ²]
BF.3	40	50	37-40	43	16	2000
BF.7	40	54	31-40	48	env. 27	2160
BF.10	41	52	28-41	45	28	2132
BF.13	41	60				2460
C.7	40	50	28	45	24	2000
C.10	37					
C.12	39	66				2574
C.13 amont	32 (min)-41	42		40-42		1722
C.13 aval	29 (?) -35	51		50-51		1785
C.15	45					
C.16	38-40	48			21	1920
C.17	38					
C.18 regard	40		38-40	50	29	2000
C.19	38					
BC3.1 rempart	31	63				1953

Fig. 35. Tableau représentant les dimensions des canaux des aqueducs d'Avenches.

d'une quantité d'informations concernant les dimensions du canal de plusieurs tronçons. Nous avons choisi de les rassembler sous forme d'un tableau synoptique (fig. 35). Il est ainsi plus facile de comparer les sections des différents aqueducs, mais aussi leurs variations le long du tracé d'une même conduite. Ces données sont cependant mal réparties, puisque nous ne disposons d'infor-

mations que pour le début du tracé de l'aqueduc de Bonne Fontaine, contrairement à celui de Coppet que nous connaissons essentiellement en fin de parcours. Mis à part le tronçon de la conduite du Bois de Châtel 3 qui franchit le rempart, il est impossible de fournir des chiffres précis pour la section utile des autres aqueducs.

Aqueduc/branche secondaire	Alt. Sommet [m]	Alt. Base [m]	Longueur [km]	Longueur à vol d'oiseau [km]
BF	550	463	16,230	9,800
BF, branche des Marais Galley	569	520	env. 0,535	env. 0,510
BF, branche de Romanex	595	497	2,730	2,5
BF total			env. 19,495	12,810
C	597	468	5,025	4,200
C.S.1	587	587	env. 0,020	env. 0,020
C.S.2	588	587	env. 0,040	env. 0,030
C.S.3	582	577	env. 0,265	env. 0,255
C total			env. 5,350	env. 4,505
O	560	470	3,760	3,100
O.S.1	545	539	min. 0,045	min. 0,045
O.S.2	518	504	min. 0,215	min. 0,215
O.S.P.4	518	504	min. 0,210	min. 0,210
O total			min. 5,020	min. 4,360
BC1	514	444	2,550	2,230
BC1.P.S.1	518	505	min. 0,095	min. 0,080
BC1 total			min. 2,645	min. 2,310
BC2	538	460	2,005	1,200
BC3	538	471	2,845	1,650
BC3.P.S.1	487	475	0,125	0,110
BC3.P.S.2	482	475	0,130	0,115
BC3 total			3,100	1,910
CV	485	471	0,205	0,180

Fig. 36. Tableau mettant en lumière les longueurs ainsi que les altitudes initiales et finales des aqueducs et des conduites secondaires alimentant Aventicum.

5.2. Calculs

La longueur des tracés

Le tableau (fig. 36) présente les longueurs des différents tracés des aqueducs aventiciens, en se basant sur les résultats recueillis en collaboration avec le sourcier. Nous y avons également intégré les distances à vol d'oiseau, afin de démontrer que les différences de longueurs sont principalement dues aux nombreuses boucles effectuées dans les vallons et au fait que les ingénieurs romains devaient maintenir une pente plus ou moins constante.

Bien que les longueurs des conduites aient été plutôt modestes, on notera que celle de Bonne Fontaine, qui est l'aqueduc le plus long, mesure tout de même plus de 16 km, voire près de 20 km si on y ajoute les adductions secondaires. La distance totale parcourue par tous les aqueducs s'élève à 32,820 km, ce qui représente un réseau d'adduction étendu pour une cité provinciale qui, de surcroît, n'était pas une capitale de province¹⁷⁴.

Le tableau contient aussi les altitudes de départ et d'arrivée des aqueducs, qui seront reprises plus bas. Il faut toutefois préciser qu'il s'agit d'estimations, à quelques exceptions près, car nous ne connaissons pas la profondeur des vestiges, sauf en deux emplacements. Nous avons ainsi opté arbitrairement pour un niveau d'enfouissement d'environ deux mètres. Quant aux altitudes considérées comme éta-

blies, elles se situent au niveau du captage dans la région de la *Cabutse* (O.2) et à la fin du parcours de la conduite du Bois de Châtel 1 (BC1.3). Ce dernier point a récemment été relevé à l'altitude de 443,98 m au fond du *specus* qui traverse le *frigidarium* des thermes restaurés d'*En Perruet*.

Les pentes

Peu d'auteurs ont tenté de calculer les pentes des différents aqueducs alimentant *Aventicum*, voire de certains tronçons seulement. Cette démarche est cependant indispensable si on veut estimer leurs débits. E. Olivier, qui cite un travail d'un certain M. Boiceau, nous indique que la pente de la conduite de Bonne Fontaine est de 0,73 m/km entre la Baume et les *Grands Sex*¹⁷⁵. Quant à J.-P. Aubert, il avance les chiffres de plus de 20 m/km dans la vallée de l'Arbogne en ce qui concerne l'aqueduc de Bonne Fontaine et de 1,5 m/km pour celui de Coppet le long de la Longeigue¹⁷⁶. Nous avons donc réexaminé ces chiffres et les avons complétés avec les données issues des tronçons mis au jour récemment (fig. 37).

Il faut impérativement différencier les pentes estimées des tracés complets des aqueducs, de celles, effectives, des tronçons, car ces derniers ont été mesurés au centimètre près. Globalement, on peut affirmer que les conduites aventiciennes présentent des pentes moyennes plutôt fortes

Point d'aqueduc	Altitude supérieure [m]	Altitude inférieure [m]	Distance [km]	Pente moyenne [m/km]
BF	550	463	16,230	5,36
C	597	468	5,025	25,67
O	560	470	3,760	23,93
BC1	514	444	2,550	27,45
BC2	538	460	2,005	38,90
BC3	538	471	2,845	23,55
CV	480	471	0,205	43,9
BF.3-BF.5	545,81	538	0,460	16,97
BF.5-BF.7	538	520	0,870	20,69
BF.7-BF.10	520	513,98	0,240	25,08
BF.10-BF.13	513,98	504,33	1,710	5,64
BF.13	504,33	504,30	0,00382	7,85
BF.3-BF.13	545,81	504,30	3,280	12,66
C.6-C.7	473,73	473,62	0,080	13,75
C.7-C.10	473,62	472,6	0,320	3,19
C.10	472,60	472,59	0,003	3,33
C.10-C.12	472,59	471,05	0,985	1,56
C.12-C.13 aval	471,13	471,02	0,040	2,75
(C.13)	(471,12)	471,02	0,010	10
C.13-C.18	471,02	470,74	0,175	1,6
C.18-C.19	470,74	470,72	0,020	1
C.6-C.10	473,73	472,6	0,400	2,83
C.6-C.19	473,73	470,72	1,620	1,86
C.10-C.19	472,59	470,72	1,220	1,53
C.12-C.19	471,13	470,72	0,235	1,74

Fig. 37. Tableau représentant les estimations des pentes moyennes des aqueducs d'Avenches et les pentes effectives de différents tronçons.

¹⁷⁴ Cf. ci-dessous, chapitre 4. « Comparaisons et parallèles », fig. 39.

¹⁷⁵ OLIVIER 1942, p. 68. Cette estimation doit être nuancée car nous ne possédons pas assez d'éléments pour effectuer ce calcul.

¹⁷⁶ AUBERT 1968, p. 54.

comparées à d'autres aqueducs du monde romain¹⁷⁷. Seule la conduite de Bonne Fontaine s'approche un peu plus des pentes habituellement observées sur d'autres aqueducs, bien que ceux-ci ne respectent que rarement les 2,5 à 5 m/km préconisés par Vitruve ou Pliny l'Ancien¹⁷⁸. Les fortes pentes, à Avenches, s'expliquent par le fait que les tracés sont assez courts et que les sources se situent bien plus haut que les châteaux d'eau. Comme une pente trop abrupte aurait pu provoquer des dégradations à l'intérieur du canal, il faut supposer la présence de nombreux escaliers hydrauliques sur les parcours des aqueducs d'Aventicum.

Intéressons-nous de plus près aux tronçons de la conduite de Bonne Fontaine : dans la première partie du tracé, dans la vallée de l'Arbogne, la pente est assez forte, variant entre 16,97 m/km et 25,67 m/km. Ce n'est que dès le point BF.10 qu'elle s'approche sensiblement de la moyenne calculée pour tout le parcours. Bien qu'on n'ait aucun élément chiffré pour l'affirmer, la pente entre la Baume (BF.24) et les *Grands Sex* (BF.30) est très faible, puisque l'aqueduc se trouve constamment enfoui sous la courbe de niveau de 480 m ; la seule inconnue reste la profondeur des vestiges.

On retrouve les mêmes caractéristiques en ce qui concerne l'aqueduc de Coppet ; la pente y est assez forte avec une moyenne de 25,67 m/km au début du tracé, entre les hameaux de Granges-Rothey et de Coppet. Plus on se rapproche de la ville antique d'Avenches, plus la pente diminue. Ainsi, elle est de l'ordre de 13,75 m/km le long de la Longeaigne (C.6-C.7), puis elle descend à 3,19 m/km dès qu'on s'éloigne du cours d'eau (C.7-C.10). Elle oscille entre 1 m/km et 2,75 m/km dans le parcours final, ce qui est assez faible. Les quelques mètres de dénivellation perdus dans le passage obligé que constituait le vallon de la Longeaigne devaient impérativement être compensés par une pente douce en fin de tracé afin d'arriver assez haut en ville.

Les débits

Plusieurs études antérieures ont traité de la question des débits et du volume d'eau disponible pour les habitants d'Aventicum. H.-R. Rohrer avance le chiffre de 2'880 m³/jour pour le tronçon BF.12 de l'aqueduc de Bonne Fontaine, tandis que J.-P. Aubert évalue le volume d'eau minimum pour toutes les conduites à 4'300 m³/jour¹⁷⁹. Les deux auteurs ne signalent pas comment ils ont obtenu ces valeurs. E. Olivier tente une double approche pour quantifier le volume d'eau disponible, l'une en partant des débits

des sources et l'autre, se basant sur une étude de M. Boiceau, en calculant précisément les débits des différents tronçons¹⁸⁰. Grâce aux écoulements mesurés des sources, il peut avancer le chiffre minimal de 1'950 l/min, soit 2'880 m³/jour, pour tous les aqueducs qui lui sont connus (BF, C, O et BC1), tout en sachant pertinemment qu'il n'a pas inclus toutes les résurgences et que les débits de celles-ci peuvent fortement varier. Sa seconde approche consiste à calculer le volume d'eau aux endroits présentant la pente la plus douce. Ainsi, il obtient 23'904 m³/jour pour l'aqueduc de Coppet et 5'472 m³/jour pour celui de Bonne Fontaine. En intégrant le paramètre de 3 cm de concrétions calcaires, les débits diminuent pour atteindre 8'064 m³/jour pour la conduite de Coppet et 1'728 m³/jour pour celle de Bonne Fontaine. Les deux résultats additionnés nous donnent tout de même un débit minimum de presque 10'000 m³/jour.

Avant de se pencher sur les calculs, il est nécessaire de distinguer les notions de débit potentiel et de débit effectif. Le volume d'eau effectif est étroitement lié aux sources qui varient au cours des saisons, voire des années. On ne pourra donc que chiffrer le débit potentiel, en fonction de la section du canal, de la rugosité des parois, de la pente et de la hauteur d'eau transportée. Tous ces facteurs interviennent dans la vitesse du courant. On utilise ainsi la formule de Bazin¹⁸¹ :

$$V = C \times \sqrt[4]{R} \times \sqrt{i}$$

V : vitesse d'écoulement en m/s.

R : rayon hydraulique, c'est-à-dire le rapport entre la section mouillée (= S) et le périmètre mouillé (= P), ce dernier étant composé de deux fois la hauteur de la section mouillée (= h) et de la largeur de cette même section (= l). Cela nous donne donc : $R = S / (2 \times h \times l)$.

C : facteur qui dépend du rayon hydraulique (= R) et de l'état du mortier de tuileau ou des parois, traduit par un coefficient de rugosité (γ). On emploie $\gamma = 0,16$ pour une paroi neuve en mortier de tuileau bien lissé et $\gamma = 0,46$ pour une paroi légèrement dégradée ou finement grenue. La formule se décompose de la façon suivante : $C = 87 \times \sqrt{R} / (\gamma + \sqrt{R})$

i : pente

Il ne reste plus qu'à calculer le débit (= Q), moyennant la formule :

$$Q = V \times S \text{ [m}^3/\text{s]} = 86'400 \times V \times S \text{ [m}^3/\text{jour]}$$

Nous ne bénéficions malheureusement que de quelques tronçons permettant d'effectuer ces calculs. Il faut en effet écarter tous les aqueducs dont nous ne possédons aucune

Tronçon	Débit avec $Y = 0,16 \text{ [m}^3/\text{jour]}$	Débit avec $Y = 0,46 \text{ [m}^3/\text{jour]}$	Débit avec tuf, $Y = 0,46 \text{ [m}^3/\text{jour]}$
BF.7	12282	7350	2352
BF.10	18342	10582	4579
C.7	46812	30053	14679

Fig. 38. Tableau présentant les débits potentiels de trois tronçons avec des revêtements de mortier de tuileau de différente qualité ainsi que des dépôts calcaires.

¹⁷⁷ Cf. ci-dessous, chapitre 6. « Comparaisons et parallèles », fig. 39.

¹⁷⁸ VITRUVÉ, *De arch.*, VIII, 7.1 ; Pliny l'Ancien, *Hist. Nat.*, XXXI.

¹⁷⁹ ROHRER 1962, p. 2 ; AUBERT 1968, p. 55.

¹⁸⁰ OLIVIER 1942, p. 65-69.

¹⁸¹ HODGE 2002, p. 351 et BURDY 2002, p. 166.

coupe. Pour les autres conduites, la hauteur de l'eau et la section mouillée peuvent être déduites s'il y a présence de dépôts calcaires. C'est un indice d'une grande importance qui n'a toutefois pas toujours été décrit dans les coupes. On doit donc également écarter tous les tronçons qui présentent cette lacune. Par conséquent, on ne retiendra que trois points, deux appartenant à l'aqueduc de Bonne Fontaine et un à celui de Coppet (fig. 38).

Les très grands débits potentiels des tronçons, particulièrement de celui de Coppet, sont remarquables. C.7 présente des concrétions allant jusqu'au sommet des piédroits, ce qui témoigne d'un dysfonctionnement local. Des études ont par ailleurs démontré que le meilleur rendement est obtenu quand l'eau s'élève jusqu'à mi-hauteur du canal; il s'agit d'un cas de figure que présentent de nombreux ouvrages¹⁸².

Les débits calculés ci-dessus sont trop importants comparés aux grands aqueducs du monde romain¹⁸³. La cause principale réside dans le fait que nous ne connaissons pas la pente exacte aux points examinés, ce qui fausse naturellement une partie des données. Souvent nous disposons de la pente exacte mais pas des données techniques du canal, ou alors c'est l'inverse. Le fait que les tronçons se situent dans des parcours où la pente est importante, voire très importante, influence également le débit. Pour se faire une idée plus concrète, il faudrait connaître toutes les informations d'un tronçon dont la pente est la moins forte, par exemple entre la Baume et les *Grands Sex* pour la conduite de Bonne Fontaine.

Il n'est donc pas possible de quantifier l'apport en eau des aqueducs d'Avenches et encore moins d'évaluer la quantité de liquide disponible par habitant. Par contre, nous pouvons démontrer qu'un canal en excellent état peut transporter potentiellement davantage d'eau qu'un canal présentant un enduit de tuileau dégradé. Lorsque des concrétions calcaires se déposent dans la conduite, le débit diminue très rapidement, d'où l'importance de l'entretien.

5.3. Réflexions chronologiques

Rares sont les aqueducs qui on pu être datés avec précision. Parfois, on a la chance de posséder des sources littéraires ou des documents épigraphiques, mais ils sont très rares. En l'absence de ces éléments de datation, on est donc contraint d'émettre des hypothèses basées sur des considérations historiques et de faire appel au bon sens, car il est peu courant de trouver du mobilier archéologique associé aux conduites romaines. Il paraît cependant logique, pour des raisons économiques, que les ingénieurs romains aient d'abord cherché l'eau le plus près possible de la ville, s'en éloignant ensuite peu à peu pour les conduites plus récentes¹⁸⁴. Les exceptions devaient relever principalement de la recherche d'une eau de meilleure qualité. Les aqueducs pouvaient couvrir de grandes distances quand l'eau présente aux environs de la ville était jugée de qualité

médiocre. Ainsi, à Cologne, la première conduite a été partiellement désaffectée et remplacée par une autre, la longueur passant de 35 km à plus de 95 km¹⁸⁵.

Si l'on écarte les pollutions modernes dues notamment à l'agriculture, l'eau de source de la région broyarde est de bonne qualité. Il faut donc admettre que les premiers aqueducs avenchois proviennent du Bois de Châtel. Fait remarquable, la conduite du Bois de Châtel 1 peut même être datée assez précisément du fait qu'elle aboutit aux thermes d'*En Perruet*. Les pieux de chêne des fondations de leurs murs permettent d'avancer le *terminus post quem* de 77 ap. J.-C. pour la construction du premier état. Ce tronçon a été désaffecté et peut-être reconverti en égout lors du second état de l'édifice thermal, dont le *terminus post quem* est de 120 ap. J.-C.¹⁸⁶

Les aqueducs du Bois de Châtel 2 et 3 sont implantés côte à côte sur plus d'un kilomètre, ce qui pourrait indiquer une datation identique. Si ce n'est pas le cas, le premier d'entre eux devait impérativement présenter un marquage au sol, par des cippes, sans quoi on ne pourrait pas expliquer le fait que son voisin plus récent le côtoie si exactement sur une telle distance. Un élément de datation pour la conduite du Bois de Châtel 3 est fourni par le franchissement du rempart qui a été érigé, selon des datations dendrochronologiques, entre 72 et 77 ap. J.-C. Malgré la présence de croquis et de photos, on ne peut malheureusement pas savoir si l'aqueduc est contemporain ou postérieur à l'érection de l'ouvrage défensif. Un pan du mur aurait tout à fait pu être démonté pour y faire passer la conduite, avant de reconstituer le rempart en y intégrant un arc de décharge. Des indices historiques permettent éventuellement de remédier à cette ignorance: avec la construction de l'enceinte, le *decumanus maximus* a été concurrencé par une nouvelle voie aboutissant à la porte de l'Est, un des deux accès majeurs de la ville antique. Ce déplacement d'axe routier a favorisé la construction d'un nouveau quartier résidentiel au sud-est du centre de l'agglomération et ce, dès la période flavienne¹⁸⁷. Nous avons vu plus haut que le château d'eau de la conduite du Bois de Châtel 3 et de l'éventuel aqueduc du Creux de la Vigne se situait précisément dans ce quartier et qu'il pouvait aisément l'alimenter en eau. A notre avis, l'enceinte et la structure hydraulique sont donc bien contemporaines.

Les aqueducs de Coppet et d'Oleyres ne permettent pas d'émettre des hypothèses quant à leur datation, contrairement à celui de Bonne Fontaine, dont la branche secondaire provenant des *Marais Galley* (BF.S.2) était dotée d'une tuile comportant une estampille de légion. La présence de légions romaines sur le Plateau suisse, et donc la production de tuiles par celles-ci, remonte au I^{er} et au tout début du II^e siècle ap. J.-C. La valeur de cette information serait toutefois à vérifier, car le Service archéologique de l'Etat de Fribourg n'a jamais enregistré ni déposé cette tuile dans ses collections. Le plus long des aqueducs, et donc

¹⁸² HODGE 2002, p. 225-226.

¹⁸³ Cf. ci-dessous, chapitre 6. «Comparaisons et parallèles».

¹⁸⁴ BURDY 2002, p. 183.

¹⁸⁵ GREWE 1986.

¹⁸⁶ Cf. note 157.

¹⁸⁷ BLANC 2001, p. 26-28.

probablement le plus tardif, aurait ainsi été construit vers la fin du I^{er} siècle de notre ère.

Bien qu'on ne dispose que de peu d'éléments datables et que l'on fasse appel à des considérations historiques et archéologiques, il est vraisemblable que la construction des aqueducs alimentant *Aventicum* remonte à l'époque flavienne, en relation étroite avec le nouveau statut de colonie de la ville, comme le suggérait déjà J.-P. Aubert¹⁸⁸. On ne peut toutefois pas exclure que l'une ou l'autre de ces conduites soit postérieure à cette période, ni même qu'elles aient toutes été en fonction en même temps. Quand à la durée d'utilisation de ces aqueducs, il faut admettre que l'on n'en connaît rien.

6. Comparaisons et parallèles

L'étude comparative et la recherche de parallèles concernent divers aspects des aqueducs d'*Aventicum*. Nous ne nous étendrons cependant pas trop sur ce sujet qui pourrait faire l'objet d'un article à lui seul. Après un survol général, nous essayerons toutefois d'étayer certaines hypothèses émises dans le présent travail, nous intéressant aux aspects techniques de certains tronçons, tout en limitant le champ des comparaisons à la partie occidentale de l'Empire romain et plus particulièrement à la Gaule.

6.1. Comparaisons générales

Nombre d'aqueducs

Aventicum avec ses six, voire sept conduites figure parmi les cités qui disposaient d'un réseau d'alimentation dense. Les villes et certaines agglomérations secondaires en comptaient en général une ou deux, plus rarement davantage. Parmi celles qui en sont le mieux dotées, on compte naturellement la Ville éternelle avec ses onze aqueducs, mais aussi Vienne/F, où l'on en dénombre autant. Aix-en-Provence et Lyon avec leurs quatre structures hydrauliques sont déjà moins bien loties qu'*Aventicum*, tandis que Poitiers et Périgueux en comptaient trois. Le nombre d'aqueducs ne reflète cependant pas la quantité d'eau disponible, puisque, nous l'avons vu ci-dessus, ce sont les sections et les pentes qui influencent les débits. Il faut néanmoins préciser que le nombre connu des aqueducs alimentant des agglomérations ou des *villae* n'est que le reflet de l'état de la recherche.

Sections et débits

Marcel Bailhache a tenté de classer les conduites de la Gaule en fonction de leurs sections¹⁸⁹ : dans les aqueducs de grande section, celle-ci est supérieure à 1 m², dans ceux de moyenne section, elle varie entre 1 m² et 0,5 m² et dans ceux de petite section elle est inférieure à 0,5 m². Les tronçons connus d'Avenches appartiennent tous à la dernière catégorie (fig. 35), loin derrière ceux à grande section de

Vienne (F) et de Nîmes ou ceux à moyenne section de Lyon, de Sens ou de Poitiers. Précisons toutefois que nous ne connaissons pas les dimensions du canal de Bonne Fontaine après sa jonction avec la branche secondaire provenant de *Romanex*. Si sa largeur avait effectivement été d'un mètre, comme le suggère C. Mouraz (BF.25 et BF.27), on aurait donc affaire à un aqueduc de moyenne, voire de grande section.

La vitesse d'écoulement jouant aussi un rôle pour le calcul des débits, il est tout à fait possible qu'une conduite de moyenne section véhicule davantage d'eau qu'une autre de grande section. On notera, en se basant sur le tableau (fig. 39), qu'il existe de très grandes différences dans les débits estimés des aqueducs du monde romain. Le volume d'eau à acheminer dans une agglomération dépend évidemment du nombre d'habitants qui la peuplent. Il est naturel, par exemple, que l'*Urbs* dispose de ressources en eau nettement supérieures au camp légionnaire de *Vindonissa*. D'autres facteurs interviennent également, comme la présence d'artisanats grands consommateurs d'eau, plus ou moins représentés selon les agglomérations. Une ville suréquipée en thermes ou en monuments des eaux par rapport à d'autres consomme également davantage de liquide.

Longueurs des tracés

Le tableau (fig. 39) met également en évidence les longueurs des tracés des conduites. Bien que la majorité des parcours se situe dans la fourchette de 20 km à 40 km, il en existe qui mesurent nettement plus, ainsi l'aqueduc de Carthage (132 km en incluant la branche secondaire), celui de l'Eiffel à Cologne (94,4 km) et celui du Gier à Lyon (86 km avec la boucle de la vallée de la Durèze). A Avenches, seule la conduite de Bonne Fontaine avoisine la moyenne. Les agglomérations secondaires, les *villae* et certaines capitales de cité, comme Périgueux, ne sont généralement pas dotées d'aqueducs parcourant de longues distances. Les longueurs de parcours ne sont toutefois pas un critère de prestige. Si un centre urbain jouissait de sources de bonne qualité à proximité, il était inutile d'aller capter de l'eau ailleurs.

Pentes

En comparant les données relatives aux pentes des fig. 37 et 39, on remarque aussi que les conduites d'*Aventicum* se démarquent sensiblement des autres aqueducs des provinces occidentales. C'est à nouveau la structure de Bonne Fontaine qui présente des chiffres se rapprochant de la pente préconisée par les auteurs antiques¹⁹⁰, tandis que les autres conduites avenchoises, avec des pentes moyennes excédant les 20 m/km, sont de loin supérieures à cette valeur théorique. Comme nous l'avons déjà précisé plus haut, cela est dû à la grande différence existant entre le niveau des résurgences et celui des châteaux d'eau ou des citernes, combinée à la faible longueur des aqueducs. Nous retrouvons le même phénomène, mais moins prononcé, sur d'autres conduites, comme celle de l'Yzeron à Lyon (16,8

¹⁸⁸ AUBERT 1968, p. 4-5.

¹⁸⁹ M. BAILHACHE, *Etude de l'évolution du débit des aqueducs gallo-romains*, in: BOUCHER 1983, p. 19-49.

¹⁹⁰ Cf. ci-dessus, note 178.

<i>Aqueduc</i>	<i>Longueur [km]</i>	<i>Pente moyenne [m/km]</i>	<i>Débit estimé [m3/jour]</i>	<i>Source</i>
August	6,5	1,5	24000	EWALD et. al. 1997
Genève	11	0,55	8640	BLONDEL 1928
Nyon	10	8,5		BUHATIER 1983
Windisch (Vindonissa)	2,5	3,8	1382 à 1555	MAIER-OSTERWALDER 1994
Antibes	16		5050	FABRE et al. 2000, p. 13-34
Arles	48	0,625	8000	HODGE 2002
Besançon, aq. d'Arcier	10,3	2	69000	BEDON 1997, p. 399-404
Béziers	37	2,62	2500 à 5000	ANDRIEU 1990
Cahors	33	1	3840	HOULES 1986
Carhaix	27	0,3	4000	BEDON 1997, p. 525-546
Fréjus	40	12	52531	GEHARA et al. 2002
Lyon, aq. de la Brévenne	70	1,3 puis 0,9	10000	BURDY 1993
Lyon, aq. du Gier	74,5 + 11,5	1,1	15000	BURDY 1996
Lyon, aq. du Mont d'Or	26	1,4	2000 à 6000	BURDY 1987
Lyon, aq. de l'Yzeron	27 (40)	16,8	13000	BURDY 1991
Metz	22	0,56	22000	BEDON 1997, p. 405-439
Narbonne, aq. de Cabezac	22	1,4	8500	VIOLLET 2000
Nîmes	50	0,34	20000	FABRE et al. 2000
Paris, aq. d'Arcueil	15,7	0,56	2400	GRENIER 1960
Périgueux, aq. de Grandfont	7	0,66	6200 (4200)	GRENIER 1960
Poitiers, aq. de Fleury	25	0,123	6700	VIOLLET 2000
Reims	44	0,5	22000	BEDON 1997, p. 333-351
Rodez	30	1,6	38000 (32000)	VIOLLET 2000
Saint-Bertrand-de-Comminges	2,7	1	13600 (18000)	BAILHACHE 1972
Saintes (1er canal)	5	0,85	4000	ADAM 1995
Saintes (2e canal)	7,5	0,87	22600	VIOLLET 2000
Sens	17	0,95	40760	ADAM 1995
Strasbourg, Kuttolsheim	20	3,13	2160	HODGE 2002
Toulouse, aq. de Lardenne	9,5	1	19000	VIOLLET 2000
Cologne, aq. de l'Eiffel	94,4	3,89	21600	GREWE 1986
Trieste	13	0,6	25450	WAS 1988
Rome, Alexandrina	22	1	21160	WAS 1982
Rome, Alsietina	33	6	15680	WAS 1982
Rome, Anio Novus	87	3,8	189520	WAS 1982
Rome, Anio Vetus	64	3,6	175920	WAS 1982
Rome, Appia	16	0,6	73000	WAS 1982
Rome, Claudia	69	3,8	184220	WAS 1982
Rome, Julia	23	12,4	48240	WAS 1982
Rome, Marcia	91	2,7	187600	WAS 1982
Rome, Tepula	18	5	17800	WAS 1982
Rome, Traiana	58	3,8	113920	WAS 1982
Rome, Virgo	21	0,2	100160	WAS 1982
Bologne	20	1	35000	WAS 1987
Ségovie	15	16,4	1728	HODGE 2002
Carthage	84	1,5	17280	HODGE 2002
Cherchel	45	2	40000	LEVEAU/PAILLET 1976

Fig. 39. Tableau présentant les données chiffrées de plusieurs aqueducs de la partie occidentale de l'Empire romain.

m/km), celle de Fréjus (12 m/km), celle de l'Aqua Julia à Rome (12,4 m/km) ou encore celle de Ségovie (16,4 m/km). Les pentes n'étaient pas aussi accentuées sur la totalité du parcours, car les ingénieurs romains avaient recours à un dispositif ingénieux : les escaliers hydrauliques. Quelques aqueducs, au contraire, présentent une pente très douce, parfois inférieure à 1 m/km. Les recommandations des auteurs antiques sont donc théoriques et n'ont que rarement été appliquées¹⁹¹.

6.2. Éléments comparatifs

Escaliers hydrauliques et puits de chute

Les pentes considérables des aqueducs qui alimentaient *Aventicum* doivent impérativement être compensées par l'implantation d'escaliers hydrauliques, principalement au début des tracés. Ces escaliers sont généralement constitués de puits de chute disposés sur une certaine distance, ressemblant par définition à des puits conventionnels maçonnés. Ils sont toutefois enduits d'un revêtement de mortier de tuileau, parfois complété de solins en quart de rond au fond de la structure. L'eau provenant du canal amont se déverse ainsi dans le puits, d'une largeur plus importante, et tombe au fond. Puis, elle le quitte par la conduite aval qui se situe légèrement plus haut que le fond, un petit bassin de décantation étant ainsi créé, où les limons charriés peuvent se déposer.

Il faut donc régulièrement entretenir la partie basse du puits, raison pour laquelle on trouve souvent des regards associés à ces structures. Ils peuvent atteindre parfois presque 5 m de hauteur, la distance entre les puits oscillant entre 30 et 100 m. De tels aménagements ont été repérés sur différents aqueducs : la conduite de Montjeu, qui desservait Autun, ne compte pas moins de 24 puits de chute permettant une perte d'altitude de 160 m¹⁹². Celle de Beaulieu, qui alimentait Aix-en-Provence, ainsi que celle de Rusicade, en Algérie, en sont également pourvues¹⁹³. Plus près de chez nous, l'aqueduc de l'Yzeron, qui rejoint la ville de Lyon, est l'un des exemples les mieux conservés d'escalier hydraulique (fig. 40) ; plusieurs puits de chute de cet escalier y ont été repérés au niveau de Recret et de Grézieu¹⁹⁴. Jean Burdy y a estimé le nombre de puits, par déduction, à une cinquantaine. Signalons également la présence d'au moins huit escaliers hydrauliques sur la conduite de la Brévenne qui desservait la capitale des Trois Gaules¹⁹⁵.

Entailles dans le substrat rocheux

Les aqueducs sont généralement enfouis sous terre, implantés dans des tranchées. Quand ils suivent les collines à flanc de coteau et que la roche n'est ni trop dure ni trop

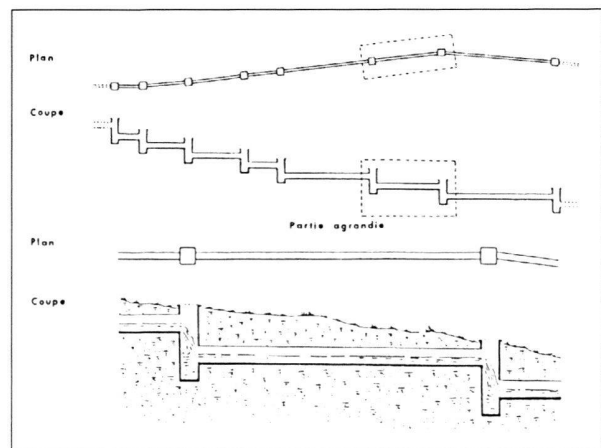


Fig. 40. Plan et coupe de l'escalier hydraulique de l'aqueduc lyonnais de l'Yzeron au niveau de Recret/Grézieu.

profonde, les ingénieurs romains les installaient directement dans le substrat rocheux ; c'est d'ailleurs le cas en ce qui concerne les conduites avenchoises puisque la molasse, une roche tendre, est omniprésente dans la région broyarde. Cela devient plus problématique quand la structure hydraulique se situe à une profondeur importante, comme aux environs du *Creux de la Chetta*.

Certains tronçons de la conduite de Cahors nous fournissent un excellent parallèle¹⁹⁶ : les falaises y sont à plusieurs reprises profondément entaillées pour permettre à l'aqueduc de remonter les vallons au lieu de les traverser directement au moyen d'un pont. Ce type d'ouvrage existe souvent, mais bâti plus en amont, là où le ravin est plus étroit, évitant ainsi une construction trop coûteuse. Les saignées ouvertes dans la roche sont plus courtes que celles du *Creux de la Chetta*, mais elles sont ici creusées dans un substrat calcaire qui est plus dur que la molasse. Des tranchées profondes de 13 m ont tout de même été observées, dimension proche de celle de l'aqueduc de Bonne Fontaine à l'emplacement cité ci-dessus (fig. 41).

Franchissements de vallons

Les franchissements des rivières et des ruisseaux n'ont jamais pu être observés sur les parcours des aqueducs d'*Aventicum*. Le moyen de franchissement le plus usuel consiste à construire des ponts ou des ponceaux. Les ingénieurs romains ont préféré remonter les vallons en suivant les courbes de niveau pour franchir les obstacles plus en amont, où la construction d'un ouvrage d'art impliquait un investissement moins important.

A défaut d'avoir un pont entièrement conservé, on peut généralement observer dans l'environnement au moins ses culées ou ses ancrages dans la roche. Nous n'avons relevé aucun de ces éléments dans la région broyarde, ce qui nous conduit à chercher une autre manière de traverser les cours d'eau. Ainsi, il ne reste guère que deux possibilités : l'une consistant à construire la conduite directement dans le lit du ruisseau, sans agencement particulier, l'autre, à la faire

¹⁹¹ Les œuvres de Pline l'Ancien et de Vitruve ne sont en aucun cas des manuels d'architecture, mais doivent plutôt être perçues comme des descriptions basées sur des observations locales.

¹⁹² HODGE 2002, p. 161.

¹⁹³ HODGE 2002, p. 161.

¹⁹⁴ BURDY 1991, p. 118-119.

¹⁹⁵ BURDY 1993, p. 161-165.

¹⁹⁶ HOULÈS 1998, p. 86-101.



Fig. 41. Photo de l'entaille de 13 m dans la roche calcaire à Savanac-Cuzoul, sur le tracé de l'aqueduc de Cahors.

passer sous le cours d'eau¹⁹⁷. Au vu des débits assez importants des ruisseaux du bassin de la Broye, nous donnons la préférence à l'option souterraine en ce qui concerne les aqueducs d'Avenches

Siphons

Nous avons évoqué la présence, à Avenches, d'éléments de canalisation en pierre évidée, provenant éventuellement d'un siphon. Ce type de conduite a été adopté au cours de l'époque hellénistique et son aire de diffusion se situe plutôt dans la moitié orientale de l'Empire (fig. 42). Les Occidentaux semblent avoir préféré des canalisations en plomb, allant jusqu'à onze unités disposées en batterie¹⁹⁸. On retrouve cependant aussi des canalisations en pierre dans les provinces occidentales, à une période plus tardive, comme en témoignent les blocs de l'aqueduc alimentant le camp légionnaire de Bonn¹⁹⁹. Il s'agit généralement de pierres de forme cubique présentant une perforation cylindrique,

contrairement aux pierres trouvées à Avenches qui sont, elles, complètement circulaires. Ce dernier cas de figure existe bel et bien, notamment à Sidè en Turquie, mais se révèle très rare²⁰⁰.

Les dimensions des canalisations avenchoises sont de l'ordre de 32 cm pour le diamètre intérieur et de 56 cm pour le diamètre extérieur. Cela nous donnerait une section de 804 cm², ce qui est peu pour un aqueduc, car on ne connaît pas d'exemple de siphon en pierre à tubes multiples.

Un autre élément pourrait nous faire douter de la présence d'un siphon aux portes d'Avenches : les Romains, en principe, n'envisageaient en effet pas la construction d'un tel ouvrage s'il n'y avait pas au moins 50 m de dénivellation à franchir²⁰¹. À Avenches, nous devrions donc plus raisonnablement compter avec la présence d'un pont plutôt que d'un siphon. Les pierres évidées pourraient alors être interprétées comme des manchons de jonction entre deux canalisations en bois, même si ces éléments de jonction sont habituellement de forme carrée avec une perforation cylindrique.

Regards

Les aqueducs sont généralement pourvus de regards pour l'entretien du canal. Les accumulations de limons et de dépôts calcaires pouvaient en effet perturber le bon fonctionnement d'une conduite. S'y ajoutent les réparations locales qu'il fallait entreprendre de temps à autre. Vitruve et Pline l'Ancien recommandent un intervalle d'environ 77 m entre les regards²⁰², espacement qui peut être observé sur certaines conduites²⁰³.

Ces puits de contrôle se retrouvent sur quasiment tous les aqueducs répertoriés. Notons en outre que les regards construits sur la conduite de Cologne et ceux des aqueducs lyonnais sont particulièrement bien étudiés. La conduite du Gier devait en comporter un peu plus de mille, dont 73 ont été localisés jusqu'en 1999²⁰⁴. On y constate d'ailleurs que les préceptes sur les intervalles émis par les auteurs antiques ne sont qu'approximativement respectés et qu'on retrouve ces regards sur tout le parcours, que se soit sur un tronçon enterré, aérien, en tunnel ou sur des réservoirs de siphon.

On peut ainsi établir une typologie des différents puits de visite, non seulement selon l'emplacement du tronçon, mais aussi en fonction de la taille des regards, de grand ou de petit module, pour les conduites enterrées (fig. 43). La différence entre ces derniers réside dans le fait que ceux de grand module débordent de l'emprise de l'aqueduc, alors

¹⁹⁷ P. GARCZYNSKI, J. FOUCRAS et M. DUBAR, L'aqueduc d'*Antipolis* dit de la Bouillide (Alpes-Maritimes), in: FABRE et al. 2005, p. 13-34 (p. 15).

¹⁹⁸ C'est le cas pour le réservoir de chasse du siphon de Chaponost qui fait partie de l'aqueduc lyonnais du Gier; BURDY 2002, p. 141-143.

¹⁹⁹ GREWE 2002, p. 168-170 et 172.

²⁰⁰ HODGE 2002, p. 110 et fig. 62.

²⁰¹ HODGE 2002, p. 39-40.

²⁰² Pline l'Ancien, *Hist. nat.*, XXXI, 31; Vitruve, *De arch.*, VIII, 6; la lecture latine de ce dernier passage a récemment été réinterprétée, cf. BURDY 1999, p. 65-66.

²⁰³ Intervalles réguliers: aqueduc lyonnais du Gier, cf. BURDY 1999; intervalles irréguliers: aqueduc de *Vindonissa*, cf. MAIER-OSTERWALDER 1994.

²⁰⁴ BURDY 1999.

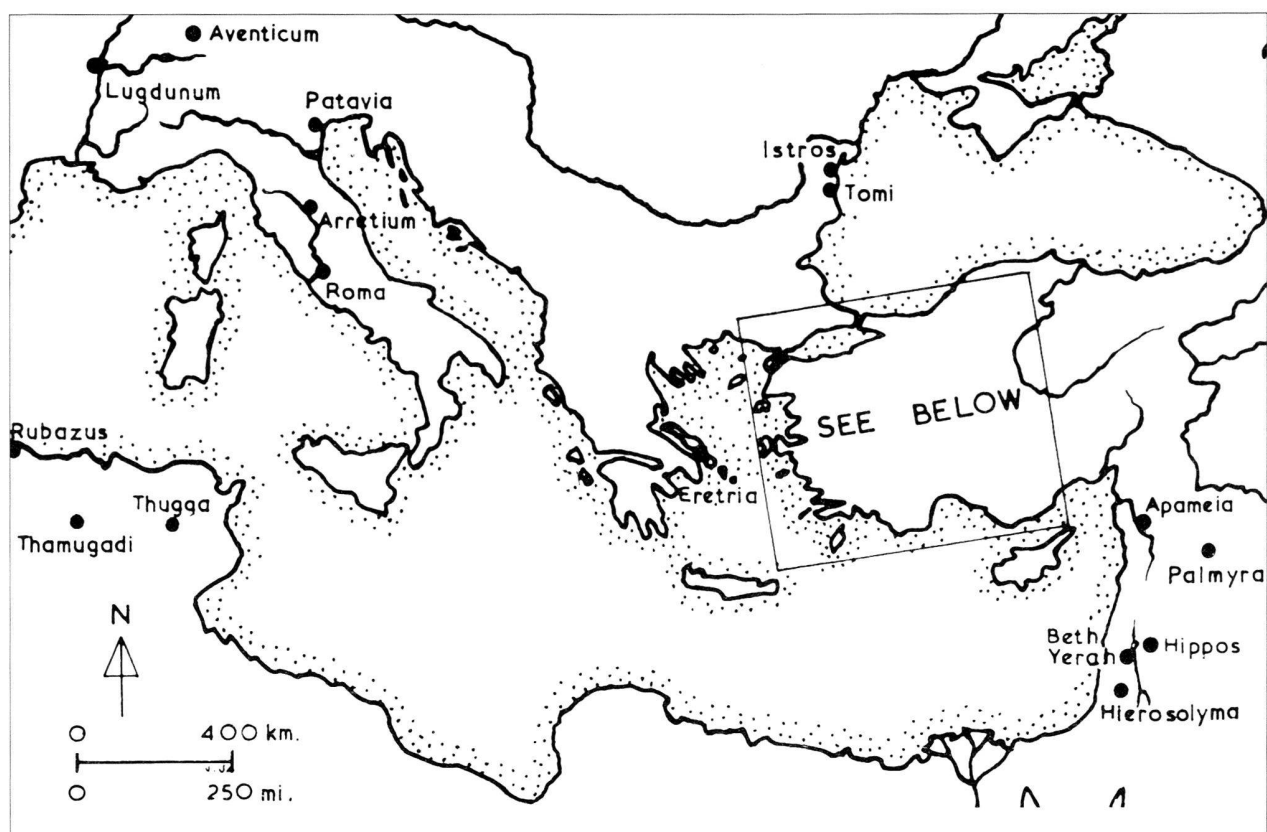


Fig. 42. Carte de répartition des canalisations en pierre dans le monde romain, à l'exception de celles provenant d'Asie Mineure où elles sont particulièrement nombreuses.

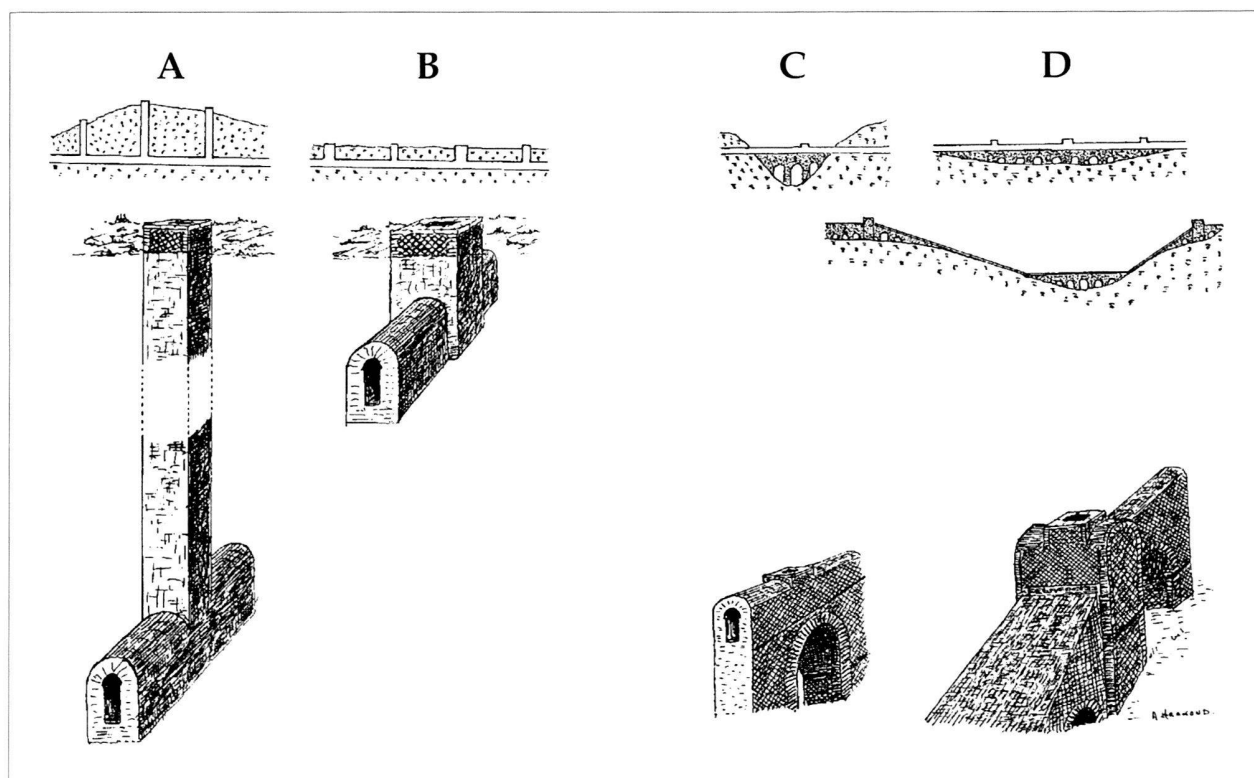


Fig. 43. Typologie des regards. A: puits sur tunnel, B: regard (de grand module) sur la tranchée, C: regard sur le canal aérien, D: regard sur un réservoir de siphon.

que ceux de petit module s'appuient directement sur les piédroits.

Parmi tous les tronçons observés des conduites avenchoises, on ne compte qu'un seul regard, du type en tranchée et de petit module. Avant sa découverte en 1987, on pensait que les aqueducs en étaient totalement dépourvus, notamment à cause des petites dimensions du *specus*. Cet argument doit être réfuté, car pas moins de 24 regards ont été mis au jour sur l'aqueduc de *Vindonissa* qui présente un canal de même largeur, mais d'une hauteur sous flèche inférieure²⁰⁵. Il faut donc admettre que la présence d'un seul exemplaire à Avenches n'est que le reflet de l'état de la recherche. L'entretien de ces conduites pouvait d'ailleurs être confié à de très jeunes esclaves.

On peut aussi se poser la question de savoir si les regards n'existaient qu'à proximité de la ville antique : mais alors, pourquoi n'entretenir un aqueduc qu'aux abords de l'agglomération, sachant qu'en amont il ne serait pas possible d'intervenir en cas de problème ? Ce serait aberrant : l'écoulement de l'eau doit être impérativement assuré sur toute la longueur de ces structures hydrauliques.

Mortier de tuileau sur l'imposte de la voûte

Le fait de retrouver du mortier de tuileau sur toute la hauteur du canal n'est pas extraordinaire pour les aqueducs de petite et de moyenne section. Par contre, il est plus rare que cet enduit hydraulique recouvre l'imposte de la voûte, comme on peut l'observer sur tous les tronçons avenchois, à une exception près.

I. Riera a tenté d'en chercher une explication dans une étude récente²⁰⁶. Il y met en cause l'ancienne théorie des aqueducs à canal ouvert en citant les exemples de certaines branches des conduites lyonnaises de Brévenne, du Mont d'Or et de l'Yzeron, ainsi que celles de Vérone, de Windisch et de Karystos en Eubée qui ont toutes conservé leur couverture. Il a, dans un premier temps, remarqué que les conduites présentant un tel aménagement sont construites en tranchée et sont dotées d'une couverture constituée de dalles et non d'une voûte comme à Avenches. Selon lui, le mortier de tuileau qui recouvre l'arase des piédroits sert à la fois de niveau de réglage pour la pose des dalles de couverture et de joint entre les piédroits et ces dernières, afin d'éviter des infiltrations de terre lors du remblayage de la tranchée. En ce qui concerne le cas avenchois, il émet la thèse que, compte tenu de la faible largeur du canal, il est plus aisé de positionner des claveaux standardisés sur ce lit de mortier.

Après une discussion avec Philippe Bridel, nous pouvons avancer une nouvelle théorie : il se peut que les ingénieurs des aqueducs d'*Aventicum* aient voulu tester le fonctionnement du canal avant d'achever la construction avec la voûte et le remblayage des tranchées. De la sorte, il était possible de corriger d'éventuelles erreurs en perdant moins de temps. Le mortier de tuileau reposant sur les piédroits aurait ainsi protégé l'enduit pariétal des infiltrations d'eau qui auraient détérioré la structure hydraulique avant même sa mise en service.

²⁰⁵ MAJER-OSTERWALDER 1994, p. 140-143.

²⁰⁶ Riera 1997.

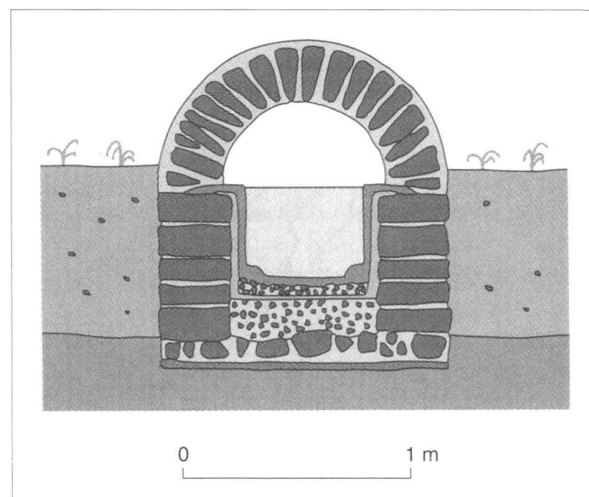


Fig. 44. Coupe partiellement restituée de l'aqueduc de Balaruc-les-Bains à la hauteur du lieu-dit La Fiau. Sans échelle.

Il apparaît que les adductions d'eau comportant un enduit de tuileau qui recouvre l'arase des piédroits sont finalement assez fréquentes, mais qu'elles sont quasiment toutes dotées d'une couverture de dalles. Le plus souvent, il s'agit de petites ou de très petites conduites qui alimentent des *villae*, comme sur le territoire des communes de Carcassonne, de Paulhan et de Villedieu-sur-Indre²⁰⁷. Mais il existe aussi des aqueducs de plus grandes dimensions, alimentant des agglomérations secondaires ou des villes, qui sont pareillement enduits, ainsi que le démontrent les exemples des branches secondaires de Lyon. Les aqueducs de certains camps légionnaires, comme ceux de Windisch et de Bonn, peuvent aussi témoigner d'une telle technique de construction. Celui de Bonn était peut-être même voûté, comme le suggère la présence de blocs de tuf en démolition dans la partie supérieure du canal²⁰⁸. Le meilleur parallèle avec Avenches est constitué par un tronçon de l'aqueduc de l'agglomération antique de Balaruc-les-Bains (fig. 44)²⁰⁹. Outre l'enduit hydraulique recouvrant l'arase des piédroits, on y retrouve plusieurs éléments similaires, tels la présence d'une voûte ainsi qu'un radier constitué de gros blocs noyés dans du mortier de chaux sur lequel reposent les piédroits. La comparaison s'arrête là, car le canal de ce tronçon est pourvu de plusieurs couches d'enduit et comporte des solins en quart de rond. Ces derniers sont en fait très répandus dans les structures hydrauliques romaines, bien qu'absents des aqueducs d'Avenches. Cette

²⁰⁷ Aqueduc de Sur Fontorbe (Carcassonne) : M. PASSELAC, Trois vestiges d'aqueducs ruraux gallo-romains dans la partie occidentale de la cité de Carcassonne (Aude), in : FABRE *et al.* 2005, p. 107-118 ; aqueduc haut de la villa de Vareilles : S. MAUNE, J.-L. PAILLET et Z. SEKHARI, Les aqueducs de la villa de Vareilles à Paulhan (Hérault) : 1^{er} s. av. J.-C. – III^e s. apr. J.-C., in : FABRE *et al.* 2005, p. 131-145 ; aqueduc de Villedieu-sur-Indre : COULON/GIRAULT 1977, p. 24.

²⁰⁸ GREWE 2002, p. 165.

²⁰⁹ I. BERMOND, L'aqueduc de l'agglomération antique de Balaruc-les-Bains (Hérault), in : Fabre *et al.* 2002, p. 35-48.

absence de solin en quart de rond peut éventuellement trouver une explication dans le fait que les conduites avenchoises sont en forte pente, comme on peut le constater sur l'aqueduc d'Antibes qui en est dépourvu uniquement aux endroits présentant une telle spécificité²¹⁰.

7. Conclusions et perspectives de recherches

De récentes découvertes archéologiques et le recours à une méthodologie renouvelée ont permis de rouvrir le dossier des aqueducs desservant *Aventicum*. En plus d'une grande quantité d'eau disponible sur place, les habitants de la capitale des Helvètes bénéficiaient d'eau courante provenant de six, voire de sept aqueducs. Et c'est justement le nombre élevé de ces structures qui caractérise le réseau d'adduction avenchois.

Pour une ville digne de ce nom, il était nécessaire de disposer d'eau courante distribuée dans toute l'agglomération depuis des châteaux d'eau. Ceux-ci ont été localisés à l'intérieur du rempart d'*Aventicum* grâce à la prospection menée en compagnie d'un sourcier. La profusion d'eau et surtout sa visibilité dans les thermes, les nymphées et autres fontaines contribuaient au prestige d'Avenches au même titre que son enceinte. Ce n'est sans doute pas un hasard si les conduites semblent construites à l'époque flavienne, alors même que la cité accédait au statut de colonie. Le seul indice chronologique fiable qui puisse étayer cette thèse se situe dans les thermes d'*En Perruet*, thermes qui sont traversés par une conduite captant des sources dans un versant du Bois de Châtel.

Les aqueducs avenchois ne sont pas les plus spectaculaires que nous puissions admirer à travers le monde romain. De longueur plutôt modeste, ils ne présentent que de petites sections comparées à celles des grandes conduites des cités les plus peuplées de l'Empire.

Aventicum ne possède pas d'ouvrages d'art aussi monumentaux et esthétiques que le pont du Gard ou les innombrables kilomètres d'arches du *Latium*. Bien au contraire, les ingénieurs avenchois ont opté pour la solution la plus économique, c'est-à-dire l'enfouissement des structures hydrauliques dans des tranchées taillées dans le substrat molassique. Ce n'est qu'à proximité de la ville même qu'un ou deux ponts-aqueducs ont été nécessaires pour que la conduite puisse amener l'eau dans le secteur dominant la théâtre. Il n'en demeure cependant aucune trace, les vestiges ayant sans doute été remployés dans la construction du bourg médiéval.

Plusieurs thèses émises dans de cet article doivent être encore confirmées par l'archéologie. Bien que nous ayons

défini les tracés grâce à la prospection menée en collaboration avec un sourcier, seuls des sondages pourront lever le doute sur diverses questions, notamment sur les parcours finaux de nombreuses conduites.

Pour terminer, ouvrons la discussion sur les perspectives de recherches. Plusieurs sujets d'étude ont certes été traités, notamment la technique de construction ainsi que les calculs de pente et de débit. Mais nous pourrions facilement étendre nos recherches à d'autres domaines, comme celui des dépôts calcaires. Avec des analyses précises de concrétions nous pourrions retrouver les sources à l'origine des aqueducs, ou du moins différencier un tronçon d'un autre, par exemple après une jonction avec une conduite secondaire. Nous disposerions aussi d'éventuelles réponses quant à la durée d'utilisation des différents aqueducs.

D'autres sujets de recherches sont envisageables : parfois, on peut mettre en évidence des lots de construction comme à Cologne²¹¹. Il serait intéressant d'effectuer une approche sociologique des aqueducs et de l'eau en général. Un autre sujet pourrait traiter de la relation entre l'eau et la religion, particulièrement dans les régions qui se trouvent dans d'anciens territoires celtiques. Enfin, dans la continuité des adductions, il serait logique d'étudier la distribution d'eau *intra muros*, même si cela s'avère difficile dans le cas d'Avenches, en raison du manque d'informations. De même, il serait pertinent de s'intéresser à l'évacuation des eaux usées, d'autant plus que là, les données sont nombreuses.

Un approfondissement des comparaisons et des parallèles est tout à fait envisageable. Nous nous sommes restreint aux conduites de la partie occidentale de l'Empire, particulièrement de celles de Gaule. Un champ d'étude plus vaste pourrait éventuellement déboucher sur des résultats probants.

Nous avons utilisé le plus de méthodes possibles afin de croiser les données ; mais il en reste cependant une, parfois fort utile, que nous n'avons pas exploitée : la prospection géophysique. L'Université de Berne est d'ailleurs en train de mettre sur pied un vaste programme de prospection en collaboration avec la Fondation Pro Aventico. Il serait intéressant de réaliser des sondages géophysiques sur les conduites avenchoises, particulièrement à proximité de la ville. On pourrait ainsi également confirmer, peu ou prou, les tracés des aqueducs provenant du versant ouest du Bois de Châtel.

Nous laissons le mot de la fin à Hubert Monteilhet qui a parfaitement décrit la relation existant entre les Romains et l'eau : « Ces paysans de Romains adoraient l'eau à condition d'en boire et d'y naviguer le moins possible.²¹² »

²¹⁰ P. GARCZYNSKI, J. FOUCRAS et M. DUBAR, L'aqueduc d'Antipolis dit de la Bouillide (Alpes-Maritimes), in : Gabre *et al.* 2005, p. 13-34 (p. 32).

²¹¹ K. Grewe a pu démontrer que l'aqueduc de l'Eiffel a été construit par tronçon, car il a retrouvé des raccords entre ces unités qui présentaient une légère différence de niveau qui a dû être compensée (GREWE 1998).

²¹² Citation tirée d'un roman historique ; H. MONTEILHET, *Neropolis*, Paris, 1984, p. 180.

Annexe : comptes-rendus des données de fouilles récentes

Aqueduc de Bonne Fontaine

Tronçon BF.13	
Localisation :	Montagny/FR Les Arbognes 565.944/184.722
Description :	<p>Ce tronçon a été repéré dans un assez bon état de conservation lors de fouilles en tranchée, datées du 30.03.1977. Se dirigeant en direction de l'ouest, nord-ouest et long de 4,6 m, il est mieux conservé en amont, où les deux claveaux de base sont encore en place. La structure n'a pas été fouillée entièrement, raison pour laquelle nous ne disposons pas de coupe intégrale.</p> <p>Nous ne connaissons donc pas les fondations de ce tronçon. Les piédroits sont larges de 32 cm pour une hauteur minimale de 62 cm. Les seuls éléments conservés de la voûte sont, de part et d'autre du canal, les claveaux de base qui sont légèrement en retrait. Ceux-ci sont composés de tuf et mesurent environ 22 cm sur 34 cm.</p> <p>Le canal, large de 41 cm et haut de 60 cm, est enduit de mortier de tuileau. Au fond, l'épaisseur du revêtement est inconnue, mais sur les parois, le mortier hydraulique est plutôt épais (6 cm). Il se peut que les concrétions calcaires soient également incluses dans l'épaisseur du revêtement, la coupe ne faisant en effet pas de distinction. Il faut également noter que le revêtement de tuileau recouvre toute l'arase des piédroits et que la voûte s'appuie sur celui-ci.</p> <p>Une erreur d'altitude apparaît dans la documentation, le point le plus haut étant coté à 504,33 m, le plus bas, distant de 3,82 m, serait à 505,30 m. Une note dans la documentation indique que la lecture basse est la bonne. Ainsi, il faut lire 504,33 m et 504,30 m, ce qui nous donne une pente locale de 7,85 m/km.</p>
Bibliographie :	SAEF 1977

Tronçon BF.14	
Localisation :	Montagny/FR Les Arbognes 565.914/184.721 (= BF.P.68)
Description :	Des fouilles en tranchée ont été entreprises du 8 au 9 mai 2001. Le tronçon n'était déjà plus conservé, mais des restes de mortier de tuileau, de blocs de molasse et de blocs de calcaire observés dans la stratigraphie indiquent une récupération.
Bibliographie :	SAEF 2001

Tronçon BF.21	
Localisation :	Corcelles-près-Payerne <i>L'Etang</i> 565.320/187.551
Description :	<p>Non loin du Maupas-Dessus, les archéologues vaudois et fribourgeois sont venus trop tard pour y effectuer des relevés, des travaux ayant tout détruit en 1992. Le responsable du chantier, M. Schöpfer, nous a cependant laissé les coordonnées du tronçon ainsi que sa direction, nord, nord-est. Un témoignage contradictoire de M. Pauchard, du bureau Collaud/Simonet, nous signale que l'aqueduc a été recoupé quelques mètres plus en aval, juste avant la frontière cantonale, chose que le premier témoin ne signale pas.</p>
Bibliographie :	SAEF 1992

Tronçon BF.S.2	
Localisation :	Montagny/FR <i>Marais Galley, Les Charbonnières</i> 566.520/183.589
Description :	<p>E. Olivier et J.-P. Aubert nous signalent une conduite en tuile découverte en 1896 dans la région des <i>Marais Galley</i>. Une des tuiles comportait le nom d'une légion, mais n'a jamais été remise au Service archéologique de l'Etat de Fribourg.</p> <p>La date de la découverte est sujette à caution ; en effet, un document archivé aux SAEF a été retrouvé en 1992. Il mentionne une petite intervention datée du 6 juin 1899 et effectuée par M. Gendre et M. von der Weid, inspecteurs forestiers, ainsi que par le garde forestier, M. Francey.</p> <p>Selon eux, la conduite capte l'eau des <i>Marais Galley</i> et longe le ruisseau qui se déverse dans l'Arbogne aux <i>Charbonnières</i>. Un petit sondage y a été effectué. Des <i>regulae</i>, les rebords pointant vers le haut, étaient posées sur une couche naturelle d'argile pure à 1,2 m de profondeur. Les rebords étaient cassés à une des extrémités de chaque tuile, permettant ainsi de les emboîter pour former le fond de la conduite. Les parois de l'adduction secondaire étaient constituées de boulets tirés de l'Arbogne et la couverture de larges pierres plus ou moins plates. Il n'y a cependant aucune mention de liant. L'argile présente sur place peut avoir servi pour l'étanchéité.</p> <p>Il est étrange que de l'eau ait été captée de ce côté de l'Arbogne, car la conduite devait franchir le cours d'eau pour se déverser dans l'aqueduc principal. De quelle façon la conduite secondaire passait-elle de l'autre côté de l'Arbogne ? Sans doute au moyen d'un pont en bois ou d'un pont maçonné qui n'aurait pas laissé de traces.</p>
Bibliographie :	<p>SAEF 1899</p> <p>ROTHERY 1917, p. 74</p> <p>OLIVIER 1942, p. 52-53 et carte (point C 6)</p> <p>AUBERT 1968, p. 44 et carte</p> <p>AUBERT 1969, p. 32 et carte</p>

Aqueduc de Coppet

Tronçon C.10	
Localisation :	Avenches Grotte du <i>Pré Mermoud</i> 569.117/190.956
Description :	<p>Ce tronçon a été décrit pour la première fois par J.-P. Aubert et H. Sarraz en 1968, date de l'effondrement partiel de la voûte à l'entrée de la grotte du <i>Pré Mermoud</i>. Des moellons de calcaire jaune tombés à travers une fissure ont été retrouvés sur le sol de la grotte, dite à Frommel. H. Sarraz a pu constater que l'aqueduc y était en grande partie détruit, mais qu'il restait quelques pierres au fond ainsi que des concrétions calcaires.</p> <p>En 2005, l'aqueduc a fait l'objet d'une intervention archéologique, suite à l'érosion progressive de la voûte de la grotte et au dégagement illicite des vestiges par un inconnu.</p> <p>Une tranchée a été creusée dans la molasse sur une largeur de 1,44 m. Les vestiges ont pu être observés sur une longueur de 3,8 m. Le piédroit de droite constitué de moellons de calcaire liés au mortier de chaux, large de 44 cm, est adossé contre la tranchée. Son pendant de gauche, de même facture, n'est conservé que sur une largeur de 22 cm et une hauteur supérieure au fond du canal de 36 cm. Rien ne subsiste de la structure antique en dessus de ce niveau. Le fond du canal, large de 36 cm, est constitué de mortier de tuileau dont l'épaisseur nous échappe. Les parois internes étaient enduites de deux couches de mortier de tuileau, une plus foncée qui était plaquée contre les piédroits (épaisseur de 1 à 4 cm) et une plus claire et lissée au contact avec l'eau (épaisseur côté gauche de 4 cm et côté droit de 8 cm). Une très fine couche de concrétions s'est déposée sur le fond du canal. Les altitudes varient entre 472,60 m et 472,59 m. La pente est de l'ordre de 3,33 m/km.</p> <p>La roche molassique a été excavée au sud-est de la conduite et les parois ainsi constituées ont été revêtues de mortier de chaux. L'aqueduc y a été détruit pour prolonger les parois par de gros blocs de molasse (<i>opus quadratum</i>) ainsi que par un mur en petit appareil. En dessous de l'aqueduc se trouve une grotte qui présente deux niches latérales au fond de la salle, ainsi qu'un boyau qui s'enfonce plus profondément dans la roche. Le local semi enterré et la grotte faisaient-ils partie d'un ensemble?</p>
Bibliographie :	<p>AUBERT 1968, p. 59-60</p> <p>SARRAZ 1968, p. 56-57 et photo 13</p> <p>AUBERT 1969, p. 28 et carte</p> <p>PIGUET 2005</p> <p>MRA 2005</p>

Tronçon C.12	
Localisation :	Avenches Route du Signal 569.821/191.639 (coordonnées relevées au milieu du tronçon)
Description :	<p>Ce tronçon a été fouillé en hiver 1976 lors de travaux dans une rue de quartier. Comprenant un coude d'un angle de 50°, il a été dégagé sur une longueur totale de 10,85 m, mais pas jusqu'au niveau des fondations.</p> <p>Une coupe a été relevée du côté sud-ouest du sondage. Le piédroit de droite est légèrement plus large (52 cm) que son homologue de gauche (48 cm), car le premier devait soutenir le poids de la pente. Les deux murets sont bâtis en moellons de nature inconnue liés par du mortier de chaux. La voûte surbaissée est composée de claveaux de grès d'une trentaine de centimètres de haut, joints à sec, qui s'appuient sur les piédroits. Le canal est constitué d'un fond en tuile (?) et d'une couche de mortier de tuileau de 4 cm d'épaisseur sur les faces internes des piédroits. La section du canal est de l'ordre de 39 cm de large pour une hauteur de 68 cm. Il n'est pas fait mention de concrétions calcaires dans la documentation de fouilles.</p> <p>Les altitudes du fond du canal ont été relevées aux deux extrémités du sondage, mais celle mesurée en amont présente une erreur, car elle se situe en dessous du niveau de l'extrémité aval du tronçon. Par rapport au point suivant, on ne retiendra donc que l'altitude haute qui est de 471,13 m.</p>
Bibliographie :	MRA 1976

Tronçon C.13	
Localisation :	Avenches Route du Signal 3 (parcelle 2071) 569.840/191.642 (coordonnées relevées au milieu du tronçon)
Description :	<p>Ce tronçon, long de 10 m, a été fouillé en 1984 lors de la construction d'une villa. L'état de conservation de la structure est mauvais à l'est à très mauvais à l'ouest, la voûte étant absente.</p> <p>Une coupe à chaque extrémité a été relevée, dont celle sise en aval est la plus complète. Une tranchée de 1,37 m sur 1,05 m a été creusée dans la molasse. Le fond de cette tranchée a été entièrement rempli par des fragments de calcaire jaune et de grès coquilliers liés avec beaucoup de mortier de chaux. Les piédroits, d'une largeur de 48 cm, sont constitués de moellons de calcaire jaune et de grès coquilliers liés avec du mortier. Des traces du départ de la voûte, qui se situe légèrement en retrait par rapport aux faces internes des piédroits, ont été observées. Le fond du canal est constitué d'une couche de béton de tuileau de 5 cm d'épaisseur, reposant sur 6 cm de béton de chaux. Les parois du canal sont enduites d'une couche de mortier de tuileau de 4 cm d'épaisseur, allant jusqu'au sommet des piédroits et reposant sur ceux-ci à l'horizontal sur 10 cm. La largeur du canal est irrégulière: au fond, elle est de 32 cm, augmentant jusqu'à 35 cm au sommet. Quant à la hauteur, elle est de 52 cm. Des concrétions calcaires d'une épaisseur de 1,5 cm ont été observées au fond du canal, s'étalant jusqu'au sommet.</p> <p>L'altitude est de 471,12 m à l'extrémité ouest du tronçon, descendant jusqu'à 471,02 à l'est, ce qui nous donne une pente moyenne assez forte de 10 m/km. Au vu de l'état de conservation de la partie sise en amont, il faut nuancer la mesure altimétrique la plus élevée.</p>
Bibliographie :	MRA 1984

Tronçon C.14

Localisation :

Avenches

Route des Prés-du-Ruz 6 (parcelle 2219)

569.886/191.634 (coordonnées relevées au milieu du tronçon)

Description :

Une tranchée dans la molasse a été mise au jour lors de fouilles effectuées en 1989, à l'emplacement d'une future villa. L'aqueduc en lui-même a totalement été récupéré, ne laissant qu'une tranchée comme témoin de sa présence. L'absence de vestiges encore en place explique la maigre documentation qui est à disposition. La tranchée a été creusée dans la molasse sur une hauteur non communiquée, pour une longueur observée d'environ 11 m. Des restes de concrétions calcaires ou de mortier de chaux fusé ont été mis en évidence sur les parois de la tranchée.

L'aqueduc a fait l'objet d'une récupération totale, avant d'être, à une époque inconnue, partiellement comblée par une grande dalle de molasse.

Bibliographie :

MRA 1989

Tronçon C.15

Localisation :

Avenches

Route des Prés-du-Ruz 8 (parcelle 2218)

569.905/191.611 (coordonnées relevées à l'extrémité nord-est)

Description :

Ce tronçon a été mis au jour en février 1987 au préalable à la construction d'une villa. L'état de conservation est très mauvais dans la partie sud-ouest où seul un piédroit subsiste, un peu meilleure au nord-est. La longueur de la structure observée est d'environ 3 m.

Dans la partie nord-est, l'aqueduc est construit sur une semelle drainant, constituée de petits galets disposés à sec, sur laquelle repose un radier maçonné d'une épaisseur de 43 cm. Les piédroits sont tous deux conservés, mais ils sont inclinés en direction de la colline. La structure hydraulique a donc subi la poussée de la terre et n'est très probablement plus en place. Les maçonneries sont composées de petits moellons de grès coquilliers et de quelques boulets grossièrement taillés, liés au mortier de chaux. La chape de mortier de tuileau a disparu au fond du canal, qui présente une largeur de 45 cm. Les revêtements de mortier de tuileau latéraux, d'une épaisseur variant entre 4 et 5 cm, sont cependant conservés jusqu'au sommet des piédroits. Des traces de concrétions calcaires ont été observées sur toute la hauteur du canal, soit 50 cm, mais on n'en connaît pas l'épaisseur.

L'altitude du fond du canal coté à 468,41 m paraît étrange en comparaison avec les autres tronçons du quartier de *Joli Val*.

Bibliographie :

MRA 1987.1

Tronçon C.16

Localisation :

Avenches

Route des Prés-du-Ruz 10 (parcelle 2217)

569.938/191.589 (coordonnées relevées au milieu du tronçon)

Description :

L'aqueduc a été repéré en coupe en 1988 lors de la construction d'une villa. L'état de conservation est excellent, mais il n'est fait aucune mention sur le développement en plan de la structure. L'absence de descriptions dans la documentation de fouilles ne permet pas de s'étendre longuement sur ce tronçon.

L'aqueduc n'est pas installé dans une tranchée dans la molasse. Les fouilleurs ont en revanche observé une tranchée de fondations dont le départ se situe au niveau du sommet du radier. Ce dernier, d'une épaisseur de 22 cm, est composé de deux gros moellons entre lesquels sont disposés des boulets. Les piédroits constitués de moellons s'appuient sur le radier. La voûte, parfaitement conservée, est pourvue de douze claveaux de 12 cm de large pour une hauteur de 24 cm, joints à sec. La flèche de la voûte est de l'ordre de 21 cm. Les matériaux de construction ne sont malheureusement pas décrits, mais selon une photo, il s'agit vraisemblablement de moellons et de claveaux de grès. Le fond du canal est constitué d'une chape de béton de chaux d'une épaisseur de 8 à 9 cm, sur laquelle un revêtement de mortier de tuileau de 4 cm est uniformément appliqué, ainsi que sur les faces internes des piédroits. La largeur du canal est de 38 à 40 cm, la hauteur de 48 cm. Ce revêtement s'appuie à l'horizontal sur 6 cm au sommet des piédroits.

Les altitudes font également défaut dans la documentation de fouilles.

Bibliographie :

MRA 1988.1

MARTIN PRUVOT 2006, p. 109, fig. 115

Tronçon C.17

Localisation :

Avenches

Route des Prés-du-Ruz 12 (parcelle 2216)

569.699/191.576 (coordonnées relevées au milieu du tronçon)

Description :

Ce tronçon a fait l'objet d'un dégagement sommaire au mois de mars 1988, avant la construction d'une villa, laissant apparaître la structure en plan, parfaitement rectiligne, sur une longueur de 17,15 m.

Malgré le manque de documentation de fouilles, on peut affirmer que ce tronçon est construit de la même manière que l'aqueduc au point C.16, à une exception près: le piédroit gauche ne présente qu'une largeur de 29 cm, alors que le piédroit de droite est large de 48 cm. Le canal, d'une largeur de 38 cm, est revêtu sur les côtés de mortier de tuileau qui vient s'appuyer à l'horizontal sur le sommet des piédroits.

Les altitudes du fond du canal n'ont malheureusement pas été relevées, car la structure n'a pas été fouillée jusqu'à ce niveau.

Bibliographie :

MRA 1988.2

Tronçon C.18	
Localisation :	Avenches Route des Prés-du-Ruz, sur une place de manoeuvre 569.994/191.567 (coordonnées relevées au milieu du tronçon)
Description :	Au préalable à la construction d'une place de manoeuvre et à la pose de tuyaux des EEF, nouvellement Groupe E, des fouilles ont été entreprises au mois de mars 1987. Un tronçon d'aqueduc, d'une longueur totale de 22,5 m, a été mis au jour dans un excellent état de conservation. Les quinze premiers mètres sont rectilignes, suivis d'un coude de 18°, puis d'un autre tronçon rectiligne de 7,5 m sur lequel un regard a été observé. A la sortie du regard, l'aqueduc forme à nouveau un léger coude de 12°. Les fouilles n'ont malheureusement été que superficielles. Il apparaît cependant que la technique de construction ainsi que les dimensions sont en tous points identiques au tronçon C.16. Les piédroits, constitués de moellons de grès coquillier liés au mortier de chaux, sont d'une largeur de 42 et de 48 cm. Le revêtement des parois du canal est en mortier de tuileau de 8 cm d'épaisseur, remontant jusqu'au sommet des piédroits, sur lesquels ils s'appuient à l'horizontal. La voûte en claveaux de tuf et de molasse s'amorce légèrement en retrait par rapport au canal. Le regard forme un carré irrégulier (les côtés mesurent 1,45 m, 1,4 m, 1,44 m et 1,46 m). L'ouverture de la margelle est de 54 cm de côté, la voûte étant interrompue à cet endroit. La technique de construction est identique à celle décrite auparavant. Seul diffère le revêtement de mortier de tuileau qui ne se prolonge pas jusqu'au sommet du regard. Des concrétions calcaires, d'une épaisseur inconnue, ont été observées sur le fond du canal, ainsi que sur les parois internes. Le regard est le seul endroit de ce tronçon qui a été fouillé jusqu'au fond du canal. L'altitude sur les concrétions calcaires est de 470,74 m.
Bibliographie :	MRA 1987.2

Tronçon C.19	
Localisation :	Avenches Route des Prés-du-Ruz 11 (parcelle 2215) 570.020/191.570 (coordonnées relevées au milieu du tronçon)
Description :	Un tronçon de 2,05 m de long a été mis au jour lors de fouilles datées du mois d'avril 1988. L'état de conservation était plutôt mauvais, puisqu'il ne subsistait que 30 cm de l'élévation du canal. La structure n'ayant pas fait l'objet d'une fouille jusqu'à sa base, nous ne pouvons qu'admettre que le mode de construction soit identique aux tronçons précédents (cf. C.16). Le piédroit gauche est plus large (49 cm) que son pendant de droite, qui est de 30 cm. Les revêtements en mortier de tuileau sont également d'une épaisseur différente : 5 cm pour le piédroit gauche, 3 cm pour le piédroit de droite. Cela est éventuellement dû au coude qui devrait se situer quelques mètres en dehors de l'emprise des fouilles. Après avoir passé ce coude, il se peut en effet que l'eau se retrouvait projetée contre le piédroit gauche qui devait, par conséquent, être plus massif. La largeur du canal est de 38 cm. Il n'est aucunement fait mention de présence de concrétions calcaires. L'altitude du fond du canal est coté à 470,72 m.
Bibliographie :	MRA 1988.3

Aqueduc du Bois de Châtel 3

Tronçon BC3.1	
Localisation :	Avenches <i>Creux de la Vigne</i> , entre les tours 71 et 72 du rempart romain 571.072/192.874
Description :	Des fouilles entreprises par Louis Bosset en 1933 ont mis en évidence le franchissement du rempart par l'aqueduc. Le mode de construction est particulier : sur un lit de béton de chaux, deux dalles de grès sont posées de champ, sur lesquelles une troisième est disposée à l'horizontal. L'absence de mortier de tuileau est frappante. La largeur du canal était de 33 cm pour une hauteur maximale de 65 cm. Un arc de décharge termine le dispositif à travers la muraille. On ne connaît malheureusement pas les altitudes du fond du canal. Malgré les croquis et les photos disponibles, il est impossible de savoir à quel moment l'aqueduc a été construit par rapport à l'édification du rempart.
Bibliographie :	MRA 1933 AUBERT 1968, p. 19 et carte AUBERT 1969, p. 25 et carte

Crédit des illustrations

Fig. 1: Fond de carte: Swisstopo.

Fig. 3: ROCARD 1991, p.10.

Fig. 5: Météosuisse.

Fig. 7b: Jean-Paul Dal-Bianco et Cédric Grezet, d'après AUBERT 1968.

Fig. 9: OLIVIER 1942, fig. 7.

Fig. 10: Jean-Paul Dal-Bianco et Cédric Grezet, d'après un croquis in: SAEF 1899.

Fig. 11a: AUBERT 1969, pl. 2.3.

Fig. 11b: Jean-Paul Dal-Bianco et Cédric Grezet, d'après AUBERT 1968.

Fig. 12b: Jean-Paul Dal-Bianco et Cédric Grezet, d'après AUBERT 1968.

Fig. 13: Jean-Paul Dal-Bianco et Cédric Grezet, d'après SAEF 1977.

Fig. 15: Photo: SAEF.

Fig. 17: Jean-Paul Dal-Bianco et Cédric Grezet, d'après un croquis in: VORLET 1910.

Fig. 21b: Jean-Paul Dal-Bianco et Cédric Grezet, d'après MRA 1941.

Fig. 23a: MRA 2005.

Fig. 23b: Jean-Paul Dal-Bianco et Cédric Grezet, d'après MRA 2005

Fig. 25b: Jean-Paul Dal-Bianco et Cédric Grezet, d'après MRA 1976.

Fig. 26a: MRA 1984.

Fig. 26b: Jean-Paul Dal-Bianco et Cédric Grezet, d'après MRA 1984.

Fig. 26c: Jean-Paul Dal-Bianco et Cédric Grezet, d'après MRA 1984.

Fig. 27a: MRA 1988.1.

Fig. 27b: Jean-Paul Dal-Bianco et Cédric Grezet, d'après un croquis in: MRA 1988.1.

Fig. 28: MRA 1988.2.

Fig. 29a: MRA 1987.2.

Fig. 29b: Jean-Paul Dal-Bianco et Cédric Grezet, d'après des croquis in: MRA 1987.2

Fig. 31a: MRA 1933.

Fig. 31b: Jean-Paul Dal-Bianco et Cédric Grezet, d'après un croquis in: Mra 1933.

Fig. 31c: Jean-Paul Dal-Bianco et Cédric Grezet, d'après un croquis in: MRA 1933.

Fig. 33: Montage: Georg Matter, le 29.03.2006.

Fig. 34: BLANC 2001, fig. 45.3.

Fig. 40: BURDY 2002, fig. 57.

Fig. 41: HOULÈS 1998, p. 92.

Fig. 42: HODGE 2002, fig. 18.

Fig. 43: BURDY 1996, fig. 85.

Fig. 44: I. Bermond, SRA Languedoc-Roussillon, in: FABRE et al. 2005, fig. 39a.

Cartes 1 à 7: Cédric Grezet. Fond de carte: Swisstopo.

Bibliographie

Abréviations (autres abréviations cf. p. 8)

AW: *Antike Welt*, Munich.

IAS: *Indicateur d'antiquités suisses*, Zurich.

JRA: *Journal of Roman Archaeology*, Ann Arbor.

MRA: *Musée romain d'Avenches*, archives.

PBSR: *Papers of the British School at Rome*, Londres.

RAC: *Revue archéologique du Centre de la France*, Vichy et Tours.

SAEF: *Service archéologique de l'Etat de Fribourg*, archives.

Sources antiques

FRONTIN

FRONTIN, *Les aqueducs de la ville de Rome*, texte établi, traduit et commenté par P. GRIMAL, Paris, 1961.

VITRUVÉ

VITRUVÉ, *De l'architecture*, livre 8, texte établi, traduit et commenté par L. CALLEBAT, Paris, 1973.

Bibliographie

ADAM 1995

J.-P. ADAM, *La construction romaine*, Paris, 1995³.

AICHER 1995

P. J. AICHER, *Guide to the Aqueducts of Ancient Rome*, Wauconda, 1995.

AMIT *et al.* 2002

D. AMIT, J. PATRICH et Y. HIRSCHFELD, *The aqueducts of Israel* (*Supplement JRA* 46), Portsmouth, 2002.

ANDRÉ/BERTHAUX 1991

O. ANDRÉ et V. BERTHAUX, Les aqueducs souterrains construits par les Romains, *Dossiers d'archéologie* 162, 1991, p. 34-37.

ANDRIEU 1990

J.-L. ANDRIEU, *Béziers, l'aqueduc romain*, Paris, 1990.

ARCHIVES FR 1840-1886

Archives de la Société d'histoire du Canton de Fribourg 4, 1840-1886, p. 99-100, 28 mai 1874.

ARCHIVES FR 1888

Archives de la Société d'histoire du Canton de Fribourg 6, 1888, p. 282-283, 12 juillet 1888.

ASHBY 1935

T. ASHBY, *The Aqueducts of Ancient Rome*, Oxford, 1935.

AUBERT 1969

J.-P. AUBERT, Les aqueducs d'Aventicum, *BPA* 20, 1969, p. 23-36.

BAILHACHE 1972

M. BAILHACHE, L'aqueduc gallo-romain de Saint-Bertrand-de-Comminge, *Gallia* 30, 1972, p. 167-197.

BEDON 1997

R. BEDON (éd.), *Les aqueducs de la Gaule romaine et des régions voisines* (*Caesarodunum XXXI*), Limoges, 1997.

BLACKMAN 1978

D. R. BLACKMAN, The Volume of Water Delivered by the Four Great Aqueducts of Rome, *PBSR* 46, 1978, p. 52-72.

BLANC 2001

P. BLANC, Le développement de l'urbanisme, *AS* 24.2, 2001, p. 20-31.

BLANC 2004

P. BLANC, Chroniques des fouilles archéologiques de 2004, Oleyres, *BPA* 46, 2004, p. 204.

BLANCHET 1908

A. BLANCHET, *Recherche sur les aqueducs et cloaques de la Gaule romaine*, Paris, 1908.

BLONDEL 1928

L. BLONDEL, L'aqueduc antique de Genève, *Genava* 6, 1928, p. 33-55.

BONSTETTEN 1874

G. de BONSTETTEN, *Carte archéologique du Canton de Vaud, accompagnée d'un texte explicatif*, Toulon, 1874.

BONSTETTEN 1878

G. de BONSTETTEN, *Carte archéologique du Canton de Fribourg, époque romaine et anté-romaine*, Genève, Bâle et Lyon, 1878.

BOUCHER 1983

J.-P. BOUCHER (dir.), *Journées d'études sur les aqueducs romains* (Lyon 26-28 mai 1977), Paris, 1983.

BOURQUIN 1954

J. BOURQUIN, Les thermes de „Perruet“, *BPA* 16, 1954, p. 93-114.

BUHATIER 1983

H. BUHATIER, L'aqueduc romain de Divonne à Nyon, *Visage de l'Ain* 190, 1983, p. 10-19.

BURDY 1987

J. BURDY, *L'aqueduc romain du Mont d'Or*, Lyon, 1987.

BURDY 1991

J. BURDY, *Lyon, l'aqueduc romain de l'Yzeron*, Lyon, 1991.

BURDY 1993

J. BURDY, *Lyon, l'aqueduc romain de la Brévenne*, Lyon, 1993.

BURDY 1996

J. BURDY, *Lyon, l'aqueduc romain du Gier*, Lyon, 1996.

BURDY 1999

J. BURDY, Lyon. Mille regards sur l'aqueduc du Gier, *Archéologia* 357, 1999, p. 60-66.

BURDY 2002

J. BURDY, *Les aqueducs romains de Lyon*, Lyon, 2002.

BURGERS 2001

A. BURGERS, *The Water Supplies and Related Structures of Roman Britain*, Oxford, 2001.

BURSIA 1869

C. BURSIA, Wasserleitung zu Aventicum, *IAS* 1, 1869, p. 66.

BURSIA 1867-1870

C. BURSIA, Aventicum Helvetiorum, *Mitteilungen der antiquarischen Gesellschaft in Zürich* XVI, 1-5, 1867-1870, p. 3-60.

CASADO 1972

C. F. CASADO, *Acueductos romanos en España*, Madrid, 1972.

CASADO 1973

C. F. CASADO, *El acueducto de Segovia*, Barcelone, 1973.

CASTANI 1998

G. CASTANI, *Hydrogéologie : principes et méthodes*, Paris, 1998.

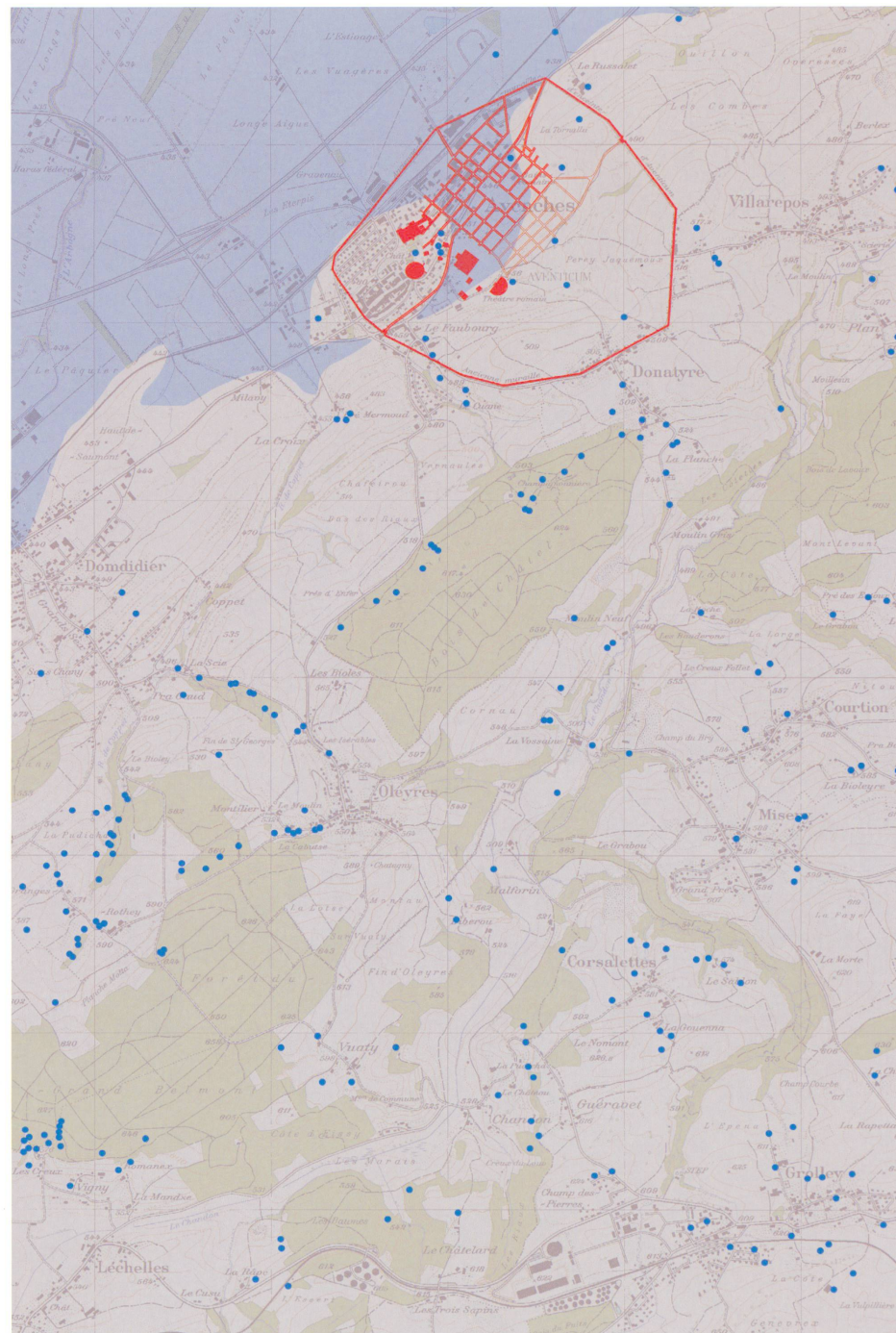
- CAZAL 1998
 CHANSON 2001
 CHESSEX 1951
 CHIOSTRI 1973
 COULON/GIRAULT 1977
 COXE 1782
 DOSSIERS ARCHÉOLOGIE 1979
 EMULATION FR 1844
 ENGELHARDT 1978
 EWALD *et al.* 1997
 FABRE *et al.* 2000
 FABRE *et al.* 2005
 FAHLBUSCH 1982
 FOURMARIER 1939
 GEBARA *et al.* 2002
 GRAF/ALTINAKAR 1990
 GRENIER 1960
 GREWE 1986
 GREWE 1991
 GREWE 1992
 GREWE 1993
 GREWE 1994
 GREWE 1998
 GREWE 2002
 HAAN/JANSEN 1996
 HABEREY 1972
 HODGE 1983
 HODGE 1991
 HODGE 2002
 HOULÈS 1986
 IAS 1902
 JAEGER-NOSAL 1999
 LABHART 1997
 LANG-AUINGER 1986
 LEVEAU/PAILLET 1976
 MADRON 1999
 MAIER-OSTERWALDER 1994
 MALISSARD 1994
 MANDEROT 1882
 G. CAZAL, *L'aqueduc en France de l'Antiquité à l'époque contemporaine*, Villeneuve d'Ascq, 1998.
 H. CHANSON, *Hydraulics of Roman Aqueducts : Steep Chutes, Cascades and Dropshafts*, *AJA* 104, 2001, p. 47-92.
 P. CHESSEX, Quelques toponymes de la Commune d'Avenches, *BPA* 15, 1951, p. 38-69.
 F. CHIOSTRI, *L'acquedotto romano di Firenze: considerazioni generali e note tecnologiche sulla morfologia strutturale e sulle fasi operative della costruzione*, Florence, 1973.
 G. COULON/J.-P. GIRAULT, Découverte d'un aqueduc romain à Villedieu-sur-Indre, *RAC* 16, 1977, p. 243-250.
 W. COXE, *Voyage en Suisse fait en 1766, lettre 30*, Paris, Lausanne, 1782.
Aqueducs romains, Dossiers de l'archéologie 38, 1979.
 Antiquités du Canton de Fribourg, *L'Emulation* 20, 1844, p. 153-155.
 R. ENGELHARDT, *Bingen am Rhein, die römische Wasserleitung in Bingen*, Bingen, 1978.
 J. EWALD, M. HARTMANN et Ph. RENTZEL, *Die römische Wasserleitung von Liestal nach Augst*, Liestal, 1997.
 G. FABRE, J.-L. FICHES et J.-L. PAILLET, *L'aqueduc de Nîmes et le Pont du Gard: archéologie, géosystème et histoire*, Nîmes, 2000.
 G. FABRE, J.-L. FICHES et Ph. LEVEAU, Aqueducs de la Gaule méditerranéenne, *Gallia* 62, 2005, p. 1-170.
 H. FAHLBUSCH, *Vergleich antiker griechischer und römischer Wasserversorgungsanlagen*, Braunschweig, 1982.
 P. FOURMARIER, *Hydrogéologie: introduction à l'étude des eaux destinées à l'alimentation humaine et à l'industrie*, Paris, 1939.
 Ch. GEBARA, J.-M. MICHEL et J.-L. GUENDON, *L'aqueduc romain de Fréjus: sa description, son histoire et son environnement*, Montpellier, 2002.
 W. GRAF/M. ALTINAKAR, *Hydraulique générale*, Lausanne, 1990.
 A. GRENIER, *Manuel d'archéologie gallo-romaine, volume IV, Les monuments des eaux*, Paris, 1960.
 K. GREWE, *Atlas der römischen Wasserleitung nach Köln*, Cologne, 1986.
 K. GREWE, Die römische Wasserleitung von Almuñécar, *AW* 22.1, 1991, p. 49-53.
 K. GREWE, *Planung und Trassierung römischer Wasserleitungen*, Wiesbaden, 1992².
 K. GREWE, Augusta Emerita/Merida – eine Stadt römischer Technikgeschichte, *AW*, 24.3, 1993, p. 244-255.
 K. GREWE, Die römische Wasserleitung nach Side (Türkei), *AW* 25.2, 1994, p. 192-203.
 K. GREWE, Der Aquädukt von Siga (Algerien), *AW* 29.5, 1998, p. 409-420.
 K. GREWE, *Aquaeductus Bonnensis*, die Wasserleitung für das römische Legionslager Bonn, *AW* 33.2, 2002, p. 163-174.
 N. de HAAN et G. C. M. JANSEN (éd.), *Cura aquarum in Campania* (colloque à Pompéi du 1^{er} au 8 octobre 1994), Leiden, 1996.
 A. HABEREY, *Die römischen Wasserleitungen nach Köln. Die Technik der Wasserversorgung einer antiken Stadt*, Bonn, 1972².
 A. T. HODGE, Siphons in Roman Aqueducts, *PBSR* 51, 1983, p. 174-221.
 A. T. HODGE (dir.), *Future Currents in Aqueduct Studies*, Leeds, 1991.
 A. T. HODGE, *Roman Aqueducts and Water Supply*, Londres, 2002².
 R. HOULÈS, *Les secrets de l'aqueduc de Divona*, Mercuès, 1998.
 Correspondance de Fribourg, *IAS, nouvelle série* 4, 1902, p. 237.
 A. JAEGER-NOSAL, *Les chercheurs d'eau*, Genève, 1999.
 T. P. LABHART, *Géologie de la Suisse*, Lausanne et Paris, 1997.
 C. LANG-AUINGER, Die römische Wasserleitung nach Savaria, *Jahreshefte des Österreichischen Institutes in Wien* 57, 1986, p. 292-315.
 Ph. LEVEAU et J.-L. PAILLET, *L'alimentation en eau de Césarée de Maurétanie et l'aqueduc de Cherchel*, Paris, 1976.
 R. de MADRON, *L'aqueduc romain de Mons à Fréjus*, Mane, 1999.
 F. B. MAIER-OSTERWALDER, Die wasserführende römische Wasserleitung von Hausen nach Vindonissa, *AS* 17, 1994, p. 140-151.
 A. MALISSARD, *Les Romains et l'eau: fontaines, salles de bain, thermes, égouts, aqueducs...*, Paris, 1994.
 A. de MANDEROT, *Notice sur Avenches*, Lausanne, 1882.

- MONTAUZAN 1909 G. de MONTAUZAN, *Les aqueducs antiques de Lyon*, Paris, 1909.
- OLIVIER 1942 E. OLIVIER, *L'alimentation d'Aventicum en eau*, Neuchâtel, 1942.
- OLIVIER 1962 E. OLIVIER, *Médecine et Santé au Pays de Vaud*, volumes 1 et 2, Lausanne, 1962.
- PANIMOLLE 1984 G. PANIMOLLE, *Gli acquedotti di Roma antica*, volumes 1 et 2, Rome, 1984.
- PARENT 1800-1810 A. PARENT, *Mémoire sur la recherche des antiquités de l'Helvétie*, Soleure, 1800-1810.
- PARRIAUX 1981 A. PARRIAUX, *Contribution à l'étude des ressources en eau du bassin de la Broye*, Lausanne, 1981.
- PEISSARD 1941 N. PEISSARD, *Carte archéologique du canton de Fribourg*, Fribourg, 1941.
- PIGUET 2005 A. PIGUET, Chroniques des fouilles archéologiques 2005, Avenches/Pré-Mermoud, *BPA* 47, 2005, p. 113.
- POSTIGLIONE 1927 G. POSTIGLIONE, *L'acquedotto Pugliese*, Milan, 1927.
- PYTHON et al. 1998 Ch. PYTHON, J.-P. BERGER et R. PLANCHEREL, *Atlas géologique de la Suisse, Fribourg* (feuille no. 98), Berne, 1998.
- RAKOB 1974 F. RAKOB, Das Quellheiligtum von Zaghuan und die römische Wasserleitung nach Karthago, *Mitteilungen des Deutschen Archäologischen Instituts, römische Abteilung* 81, 1974, p. 41-89.
- REICHLEN 1895 F. REICHLEN, Dernières découvertes archéologiques dans le canton de Fribourg, *IAS* 28, 1895, p. 490-491.
- RIERA 1997 I. RIERA, Alcune considerazioni in margine ad una visita agli acquedotti di *Aventicum-Coppet* ed *Aventicum-Bonne Fontaine*, *BPA* 39, 1997, p. 113-124.
- RITTER 1788 E. RITTER, *Mémoire sur quelques antiquités de la Suisse avec des dessins levés sur les lieux depuis 1783*, Berne, 1788.
- ROCARD 1991 Y. ROCARD, *La Science et les sourciers, baguettes, pendules, biomagnétisme*, Paris, 1991.
- ROCARD/LESSEPS 1997 Y. ROCARD et E. de LESSEPS, *Les sourciers (Que sais-je? 1939)*, Paris, 1997³.
- ROHRER 1962 H.-R. ROHRER, Untersuchungen eines römischen Aquäduktes im Tal der Arbogne, *Artio* 10, 1962, p. 1-4.
- ROTHEY 1917 P.-L. ROTHEY, *La plaine aventicenne, étude de géographie physique*, Payerne, 1917.
- ROUX 1877 F. ROUX, *Aqueduc romain de Divonne à Nyon: recherches sur cet aqueduc faites en 1875 et 1876*, Zurich, 1877.
- RUFFIEUX 1869 J.-J. RUFFIEUX, Explications pour accompagner la carte de la Suisse sous la domination romaine, II. Routes et aqueducs des Romains, *IAS* 1, 1869, p. 5.
- SARRAZ 1968 H. SARRAZ, *A la recherche de la déesse des Helvètes: Aventia, volume IV, l'eau*, Avenches, 1968.
- SCHWARZ 1964 G. Th. SCHWARZ, *Die Kaiserstadt Aventicum*, Berne et Munich, 1964.
- SECRÉTAN 1919 E. SECRÉTAN, *Aventicum, son passé et ses ruines*, Lausanne, 1919³.
- STEPHENS 1985.1 G. R. STEPHENS, Civic Aqueducts in Britain, *Britannia* 16, 1985, p. 197-208.
- STEPHENS 1985.2 G. R. STEPHENS, Military Aqueducts in Roman Britain, *Archaeological Journal* 142, 1985, p. 216.
- TRIOU 1968 A. TRIOU, Les aqueducs gallo-romains de Saintes (Charente-Maritime), *Gallia* 26, 1968, p. 119-144.
- VAN DEMAN 1934 A. W. VAN DEMAN, *The Building of Roman Aqueducts*, Washington, 1934.
- VIOLLET 2000 P.-L. VIOLLET, *L'hydraulique dans les civilisations anciennes, 5000 ans d'histoire*, Paris, 2000.
- VIOLLIER 1927 D. VIOLLIER, *Carte archéologique du Canton de Vaud, des origines à l'époque de Charlemagne*, Lausanne, 1927.
- WAS 1982 *Die Wasserversorgung im Antiken Rom, Sextus Iulius Frontinus, curator aquarum*, 1, Munich et Vienne, 1982.
- WAS 1987 *Die Wasserversorgung antiker Städte, Pergamon, Recht/Verwaltung, Brunnen/Nymphen, Bauelemente*, 2, Mayence, 1987.
- WAS 1988 *Die Wasserversorgung antiker Städte, Mensch und Wasser, Mitteleuropa, Thermen, Bau/Materialien, Hygiene*, 3, Mayence, 1988.
- WIKANDER 2000 Ö. WIKANDER (éd.), *Handbook of Ancient Water Technology*, Leiden, Boston et Cologne, 2000.
- WILD 1710 M. WILD, *Apologie pour la vieille cité d'Avenche ou Aventicum en Suisse, au Canton de Berne*, etc., Berne, 1710.
- WILSON 1998 R. J. A. WILSON, *Tot aquarum tam multis necessariis molibus...* Recent Studies on Aqueducts and Water Supply, *JRA* 9, 1996, p. 5-29.
- WILSON 2000 R. J. A. WILSON, The Aqueducts of Italy and Gaul, *JRA* 13, 2000, p. 597-604.

Documents déposés dans les archives et documentation de fouilles

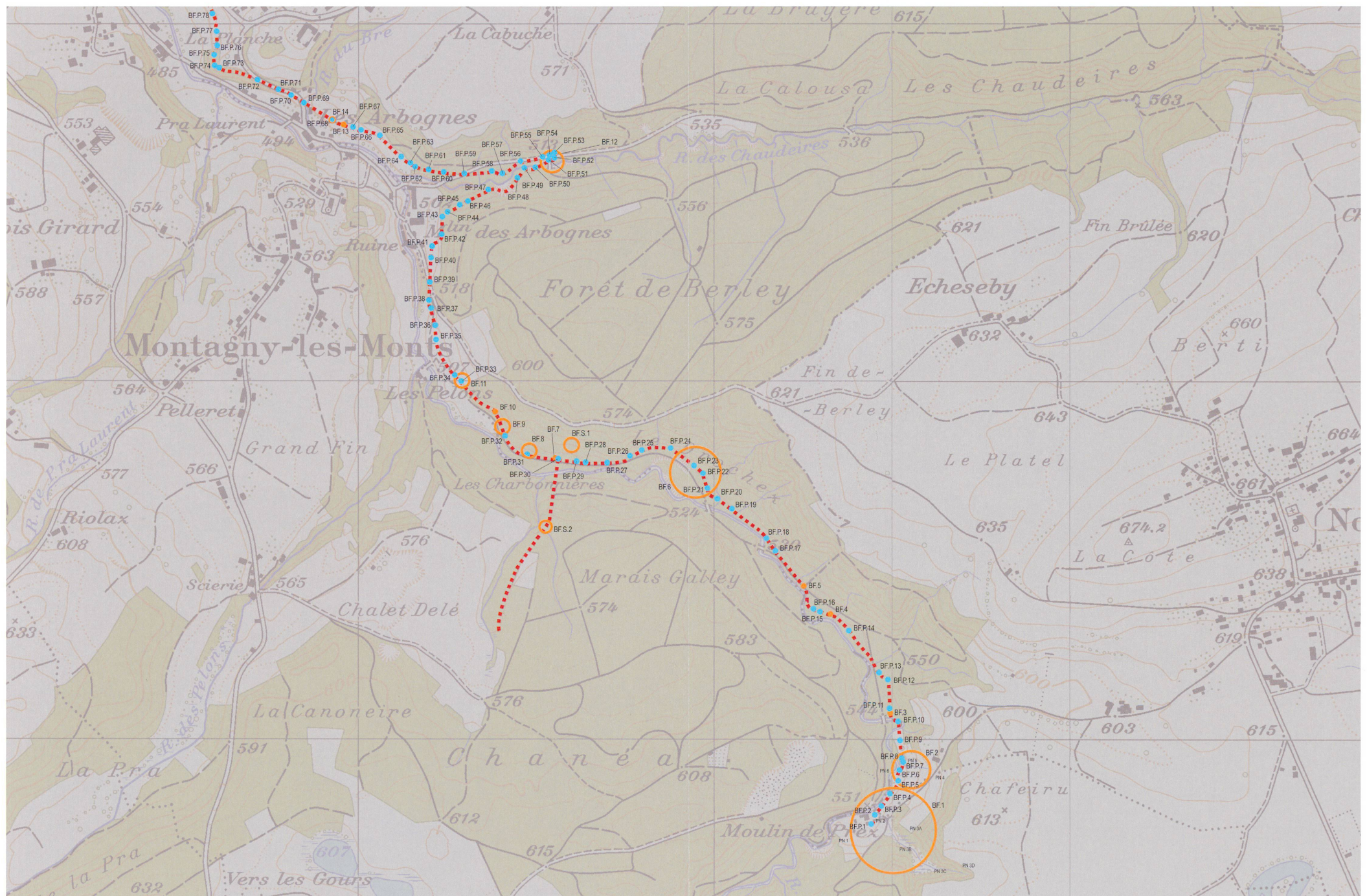
- AUBERT 1968 J.-P. AUBERT, *Les aqueducs d'Aventicum*, Mémoire de licence défendu à l'Université de Lausanne, 1968 (déposé au MRA).
- CASPARI 1866-1867 A. CASPARI, *Lettres adressées à l'Antiquarische Gesellschaft de Zurich*, Avenches, 1866-1867 (lettres retranscrites déposées au MRA).

- GREZET 2006 C. GREZET, *Nouvelles recherches sur les aqueducs d'Aventicum*, Mémoire de licence défendu à l'Université de Lausanne, 2006 (déposé au MRA et SAEF).
- MEIER J.-C. MEIER, *Léchelles (FR)*, sans date, p. 34-35 (déposé dans les archives de la commune de Léchelles).
- MRA 1933 L. BOSSET, *Documentation de fouilles*, 2 croquis de coupe, 1 croquis de plan, 7 photos, Avenches, 1933 (MRA, ERA DF XIV).
- MRA 1941 L. BOSSET, *Documentation de fouilles*, 1 coupe, Avenches, 1941 (MRA, 1941/001).
- MRA 1976 *Documentation de fouilles*, 1 coupe, 1 plan, 9 photos, Avenches, 1976 (MRA, 1976/056).
- MRA 1984 *Documentation de fouilles*, 2 coupes, 20 photos, Avenches, 1984 (MRA, 1984/001 à 003).
- MRA 1987.1 *Documentation de fouilles*, 4 p. manuscrites de descriptions, 9 photos, Avenches, 1987 (MRA, S. 2).
- MRA 1987.2 *Documentation de fouilles*, 1 plan, 1 coupe et 1 plan du regard, 2 p. manuscrites de descriptions, 16 photos, Avenches, 1987 (MRA, S. 3).
- MRA 1988.1 *Documentation de fouilles*, 1 croquis de coupe, 9 photos, Avenches, 1988 (MRA, 1988/24.3.2).
- MRA 1988.2 *Documentation de fouilles*, 1 plan, 3 photos, Avenches, 1988 (MRA, S. 1).
- MRA 1988.3 *Documentation de fouilles*, 1 croquis en plan, 6 photos, Avenches, 1988 (MRA, S. 3).
- MRA 1989 *Documentation de fouilles*, 1 plan cadastral, 1 croquis de coupe, Avenches, 1989 (MRA 1989/021).
- MRA 2005 *Documentation de fouilles, Pré Mermoud*, 1 plan cadastral, 1 croquis topographique, 2 plans, 2 coupes, 44 photos en noir et blanc, 90 photos numériques, Avenches, 2005 (pas encore classifiée).
- MORNOD 1968 L. MORNOD, *Rapport hydrogéologique, préliminaire et sommaire sur les sources du Moulin de Prez*, Bulle, 1968 (copie au MRA).
- SAEF 1899 *Documentation de fouilles*, 2 p. manuscrites avec 1 croquis de localisation, 1 croquis de coupe, 1 croquis de plan, Fribourg, 1899 (SAEF).
- SAEF 1977 *Documentation de fouilles*, 1 plan et 2 coupes, Fribourg, 1977 (SAEF).
- SAEF 1992 *Documentation de fouilles*, 1 plan cadastral avec les coordonnées de l'aqueduc, Fribourg, 1992 (SAEF).
- SAEF 2001 *Documentation de fouilles*, 2 plans de situation, 2 coupes, 1 p. de description, Fribourg, 2001 (SAEF).
- RUFFIEUX 1864 J.-J. RUFFIEUX, *Notice manuscrite sur l'aqueduc de Prez à Avenches*, 1864 (déposée au SAEF, copie au MRA).
- VORLET 1910 H. VORLET, *Lettre: « notes prises pour M. Gremaud », captation des eaux pour Domdidier*, 1910 (déposée au SAEF).



Carte 1. Les données hydrologiques dans les environs d'Avenches. Points bleus : sources. En bleu : emprise de la nappe phréatique. En rouge : enceinte, trame urbaine et monuments principaux d'Aventicum. Echelle : 1:30'000.

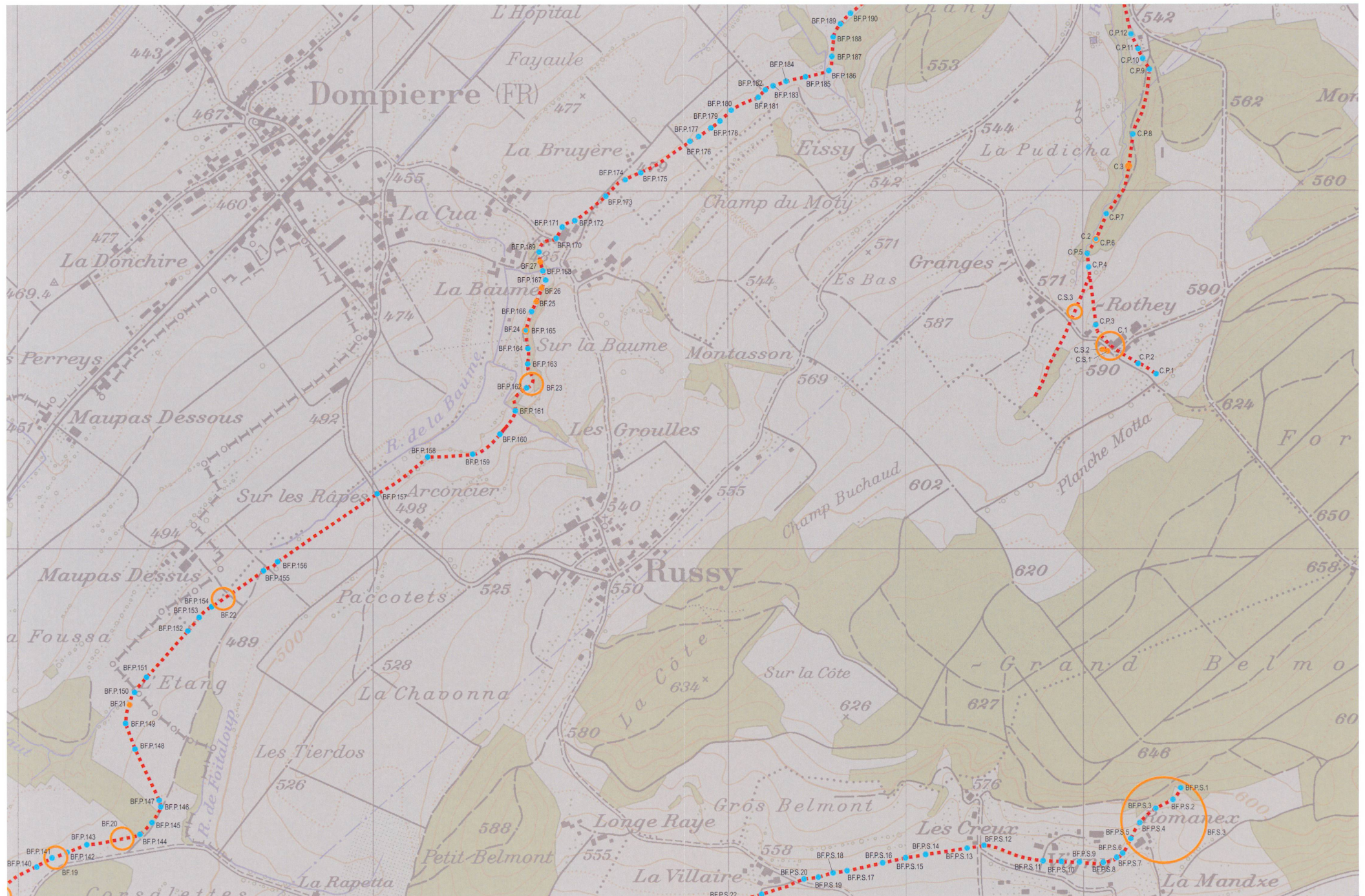




Carte 3. Tracés des aqueducs d'Aventicum. En rouge : tracés hypothétiques des aqueducs. En bleu clair : points relevés par prospection en collaboration avec le sourcier. Points orange : position des tronçons attestés ; cercles : rayon de précision. Echelle: 1:10'000.



Carte 4. Tracés des aqueducs d'Aventicum. En rouge : tracés hypothétiques des aqueducs. En bleu clair : points relevés par prospection en collaboration avec le sourcier. Points orange : position des tronçons attestés ; cercles : rayon de précision. Echelle : 1:10'000.



Carte 5. Tracés des aqueducs d'Aventicum. En rouge: tracés hypothétiques des aqueducs. En bleu clair: points relevés par prospection en collaboration avec le sourcier. Points orange: position des tronçons attestés; cercles: rayon de précision. Echelle: 1:10'000.

