



HAL
open science

L'aqueduc du Gier : étude des ponts-siphons du Garon à Brignais et Chaponost (Rhône) et de Beaunant à Sainte-Foy-lès-Lyon (Métropole de Lyon)

Kilian Blanc, Laurie Danielou

► To cite this version:

Kilian Blanc, Laurie Danielou. L'aqueduc du Gier : étude des ponts-siphons du Garon à Brignais et Chaponost (Rhône) et de Beaunant à Sainte-Foy-lès-Lyon (Métropole de Lyon). *Gallia - Archéologie des Gaules*, 2023, Les aqueducs romains de Lyon et d'ailleurs : nouveaux repères, 80 (1), pp.187-198. <10.4000/11ud3>. <hal-04614319>

HAL Id: hal-04614319

<https://hal.science/hal-04614319v1>

Submitted on 17 Jun 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons CC BY-SA 4.0 - Attribution - ShareAlike - International License

L'aqueduc du Gier : étude des ponts-siphons du Garon à Brignais et Chaponost (Rhône) et de Beaunant à Sainte-Foy-lès-Lyon (Métropole de Lyon)

Kilian BLANC* et Laurie DANIELOU**

Mots-clés. *Construction, architecture romaine, hydraulique, photogrammétrie, matériaux, pétrographie.*

Résumé. *Les ponts-siphons de Beaunant et du Garon, remarquables par leur état de conservation, ont fait l'objet d'une construction particulière : certaines piles ont été construites élégies, puis bouchées, peut-être peu de temps après la construction, au vu des similarités entre les parements des piédroits d'origine et leurs remplissages.*

Une étude conjointe du bâti et des matériaux a été menée sur l'ensemble de ces deux ouvrages afin de documenter au mieux leurs parties d'origine et leur remplissage, de manière à comprendre comment les piles ont été construites et comment elles ont été bouchées. Cette double étude a également permis la comparaison entre ces deux ponts qui, s'ils ont été construits de la même manière, n'ont pas connu la même évolution.

The Gier aqueduct: Study of the venter briges in Garon at Brignais and Chaponost and in Beaunant at Sainte-Foy-lès-Lyon (France)

Keywords. *Construction, Roman architecture, hydraulics, photogrammetry, materials, petrography.*

Abstract. *Remarkable for their state of preservation, the Beaunant and Garon siphon bridges are unusual in their structure: the arches between piers were initially open, but then were filled in at some point, most probably within a short time in view of the many similarities between the front surface of the piers and the backfill. A combined*

study of the construction and materials of these two bridges was carried out in order to better differentiate between the original elements and the backfill, to understand how they were built, and why and how they were blocked off. In addition, this dual approach made it possible to compare the two bridges, which –though different in their development– were built in the same way.

Des quatre siphons de l'aqueduc du Gier, trois sont mis en œuvre sur un pont pour traverser les cours d'eau en fond de vallée et porter les canalisations en plomb. Celui de la Durèze (Genilac, Loire), celui du Garon (entre Brignais et Chaponost, Rhône) et celui de Beaunant (Sainte-Foy-lès-Lyon, Métropole de Lyon). Les deux derniers, qui permettaient respectivement la traversée des vallées du Garon et de l'Yzeron, situées dans le dernier tiers du tracé de l'aqueduc, sont les plus remarquables par leur taille

et leur état de conservation (fig. 1). Ils sont d'autant plus intéressants qu'ils ont fait l'objet d'une construction particulière, exceptionnelle dans le monde romain : certaines de leurs piles ont été construites élégies, c'est-à-dire évidées sous un arc transversal¹. Depuis le XVIII^e s., les chercheurs se sont interrogés sur les raisons

1. Arc ouvert à l'intérieur des piles dans le sens de leur longueur (Burdy 2001, p. 46-47). Voir également fig. 3.

* Archeodunum SA; chercheur associé, UMR 5138 – Archéologie et Archéométrie (ArAr); 4 place de l'Église, F-01500 Ambutrix. Courriel : blanc.kilian@gmail.com

** Arkemine SARL; 44 chemin de Robinson, F-26000 Valence. Courriel : danielou.laurie@orange.fr

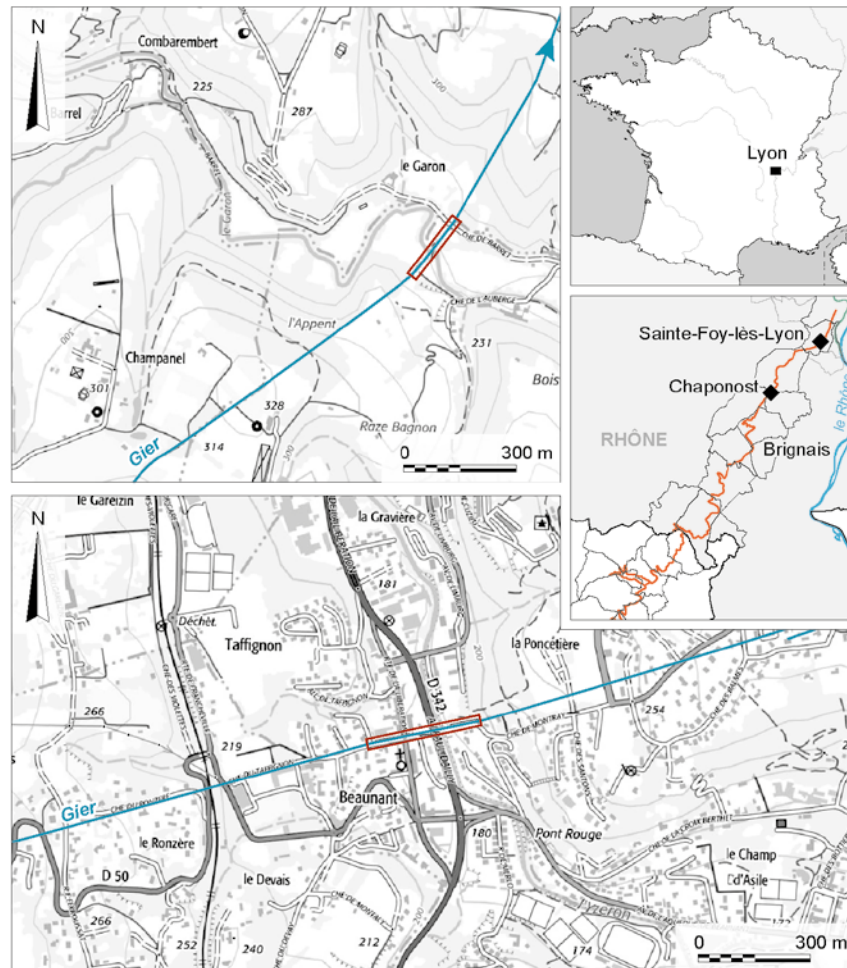


Fig. 1 – Localisation des ponts-siphons du Garon, entre Brignais et Chaponost (Rhône), et de Beauvant, à Sainte-Foy-lès-Lyon (Métropole de Lyon), mis en œuvre sur l'aqueduc du Gier (DAO: K. Blanc, Archeodunum, ArAr, sur fond Géoportail IGN).

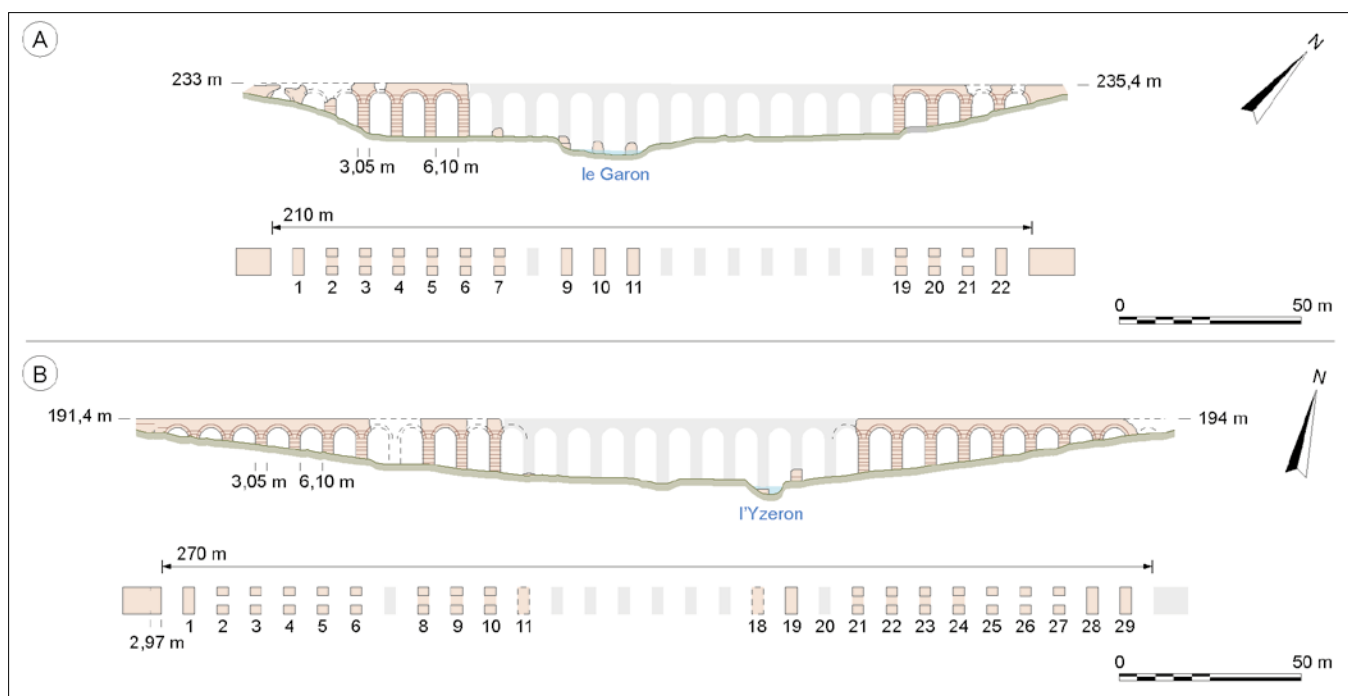


Fig. 2 – Profil en long des ponts-siphons de l'aqueduc du Gier: A, du Garon, entre Brignais et Chaponost; B, de Beauvant, à Sainte-Foy-lès-Lyon (DAO: K. Blanc; d'après Burdy 1996, p. 144, 160).

d'être de ces ouvertures et ont tous considéré, devant le remplissage d'une partie d'entre elles, qu'il s'agissait là d'une erreur qu'il avait fallu corriger. En 1986, Étienne Cartallas a montré par une étude de stabilité que ce bouchage s'imposait pour les piles les plus hautes, sans quoi celles-ci auraient pu s'écrouler sous le poids des arches qu'elles supportent (Cartallas 1986 ; Burdy 1996, p. 265-266 ; 2001, p. 52-54). Concernant le délai séparant la construction originelle et ce remplissage, il reste aujourd'hui inconnu mais supposé court, compte tenu des similitudes entre les parties d'origine et les remplissages. Jean Burdy écrivait en 1996 : « l'identité des matériaux et de leur mise en œuvre dans les remplissages et dans les piédroits, avec même parement réticulé et mêmes arases de brique, prouve que très peu de temps s'est écoulé entre les deux phases de travaux » (Burdy 1996, p. 265). Une étude sur le réticulé de l'aqueduc (Burdy 2013) et une autre sur les briques (Borlenghi 2005) viennent compléter les connaissances que l'on a de ces deux ouvrages et de leur méthode de construction. Aucune n'a toutefois traité spécifiquement de ceux-ci.

L'objet de cet article est de présenter les résultats d'une intervention d'archéologie programmée² qui s'est déroulée en deux temps entre 2017 et 2019, d'abord au pont de Beaunant puis à celui du Garon. Elle avait pour objectif de conduire un nouvel examen de ces deux ponts-siphons sur la base d'une étude de bâti, appuyée sur des relevés photogrammétriques précis et une analyse des matériaux, dans le but d'appréhender le problème de chronologie que pose le remplissage des piles et d'approcher les questions de la technique de construction et de l'économie du chantier.

DESCRIPTION DES VESTIGES : ÉTUDE DU BÂTI

Les vestiges des deux ponts-siphons se présentent de la même manière (fig. 2) : les piles occidentales et orientales sont conservées, tandis que celles centrales, les plus hautes, ont disparu ou n'apparaissent que très arasées. Le pont-siphon du Garon, long de 210 m et haut au maximum de 21 m, comptait à l'origine vingt-deux piles et vingt-trois arches³. Dix piles, six à l'ouest et quatre à l'est, sont toujours en place et sont conservées sur toute leur hauteur, alors que celles numérotées 10 et 11 n'ont gardé qu'une épaulée⁴. Seules les cinquième, sixième, vingtième et vingt-et-unième arches sont encore en place et les vestiges écroulés des autres ont pu être observés au pied des piles. Le pont-siphon de Beaunant, long de 270 m et haut de 18 m comptait pour sa part trente arches reposant sur vingt-neuf piles. Les dix premières, à l'exception de

la septième détruite en 1934, et les neuf dernières sont entières ; la pile n° 19 n'est conservée que sur deux épaulées et les n°s 17 et 18 n'ont gardé que leur fondation⁵ ; les autres ont entièrement disparu. Les arches qu'elles portent sont en place, mais ont pour la plupart été reprises en sous-œuvre aux XIX-XX^e s. Les restes des parties écroulées ont quant à eux été détruits ou récupérés, à l'exception de ceux de la vingtième demeurés appuyés contre la pile 19.

Les piles, longues de 7,35 m et larges de 3,05 m, sont de trois types (fig. 3) : pleines, élégies⁶ et bouchées. Les premières, pleines et massives, sont les plus basses et certaines centrales. Ce sont les piles 1, 10 et 22 du pont du Garon et 1, 19, 28 et 29 du pont de Beaunant. Toutes les autres ont été construites élégies, c'est-à-dire percées, dans l'axe du pont, sous un arc transversal de 3,05 m d'ouverture. Les plus hautes de celles-ci ont cependant été bouchées : c'est le cas des n°s 2 à 7, 10, 19 et 20 au Garon et des n°s 8 à 10 et 21 à 24 à Beaunant. Les autres, la pile 21 du Garon et les piles 2 à 6 et 25 à 27 de Beaunant, sont restées ouvertes. Toutes sont construites en maçonnerie de blocage parementée d'*opus reticulatum* et coupées d'arases de briques rappelant la technique de l'*opus mixtum* qui se développe dans le Latium et en Campanie à partir de la fin de l'époque républicaine (Borlenghi 2015, p. 77 ; Adam 2017, p. 151-156).

PILES PLEINES, PILES ÉLÉGIES ET ARCHES

LE PAREMENT

Les deux ponts-siphons sont parementés en *opus reticulatum*. Les moellons de réticulé (*cubilia*) sont disposés en panneaux d'environ 1,20 à 1,30 m de haut, terminés aux angles par un chaînage en dents de scie adapté à leur forme et délimités en hauteur par des doubles arases de briques.

La face de parement des moellons du réticulé est rarement parfaitement carrée mais plutôt rectangulaire. Leurs dimensions varient de 7 × 8 cm à 10 × 12 cm et leur profondeur de 15 à 25 cm, de manière à s'enfoncer plus efficacement dans le blocage. Malgré les différences de taille parfois importantes et quelques irrégularités ponctuelles, le parement reste dans l'ensemble assez régulier, particulièrement au Garon. Les variations sont notamment rattrapées par les joints qui, bien qu'assez mal conservés, ont pu être observés sur les faces intérieures des piles à la faveur d'écroulées dans les remplissages. Faits du même mortier que le blocage, ils sont épais de quelques millimètres, larges de 1 à 2 cm et ont été tirés au fer. Certains recouvrent parfois les moellons sur plusieurs centimètres.

Le parement des deux ponts-siphons est particulièrement érodé, notamment sur leurs faces sud et nord⁷, plus exposées aux intempéries. Seuls quelques panneaux sont encore conservés côté sud, sur les épaulées basses de certaines piles. Les faces intérieures, protégées par les arches, en ont, pour leur part, gardé de plus grandes surfaces. Le parement des piles 19 et 20 du pont du Garon

2. Celle-ci a été menée dans le cadre de deux mémoires universitaires de l'université Lumière Lyon 2 réalisés par Kilian Blanc et Laurie Danielou sous la direction d'Aldo Borlenghi (université Lumière Lyon 2, UMR 5138 ArAr) et d'Anne Schmitt (CNRS, UMR 5138 ArAr). Ces travaux s'inscrivent en outre dans le thème « construction » du groupe « Quatre aqueducs lyonnais » dirigé par Aldo Borlenghi et Catherine Coquidé (Inrap, UMR 5138 ArAr) et ont fait l'objet de deux rapports de prospection thématique (Borlenghi, Schmitt 2018 ; Borlenghi, Schmitt dir. à paraître)

3. Les numéros de piles et le vocabulaire utilisé sont ceux de Jean Burdy (1996), de même que certaines données métriques comme l'ouverture des arches ou la hauteur des piles, qui n'ont pas pu être remesurées dans le cadre de cette étude.

4. Ce terme désigne ici une section de l'élévation de la pile délimitée en hauteur par des doubles arases de briques.

5. Voir à ce propos Baldassari 2019 ; Baldassari *et al.*, dans ce volume.

6. Concernant le cas particulier des piles élégies, sont désignés comme piédroits les éléments portant les arcs transversaux et comme piles les éléments portant les arches, soit l'ensemble piédroit et remplissage.

7. Faces nord-ouest et sud-est au pont du Garon.

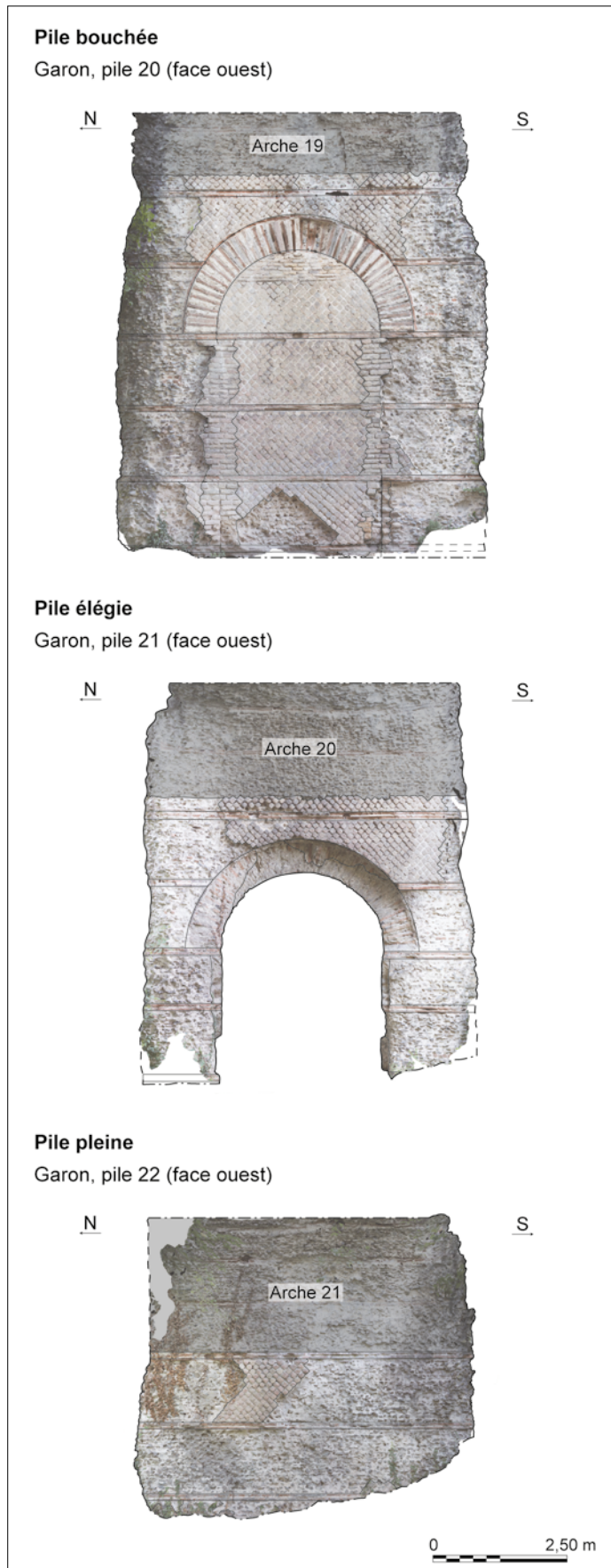


Fig. 3 – Les trois types de piles des ponts-siphons de Garon et de Beaunant: exemple des piles n^{os} 20, 21 et 22 du pont du Garon, sur l'aqueduc du Gier, entre Brignais et Chaponost (photogrammétries et DAO: K. Blanc).

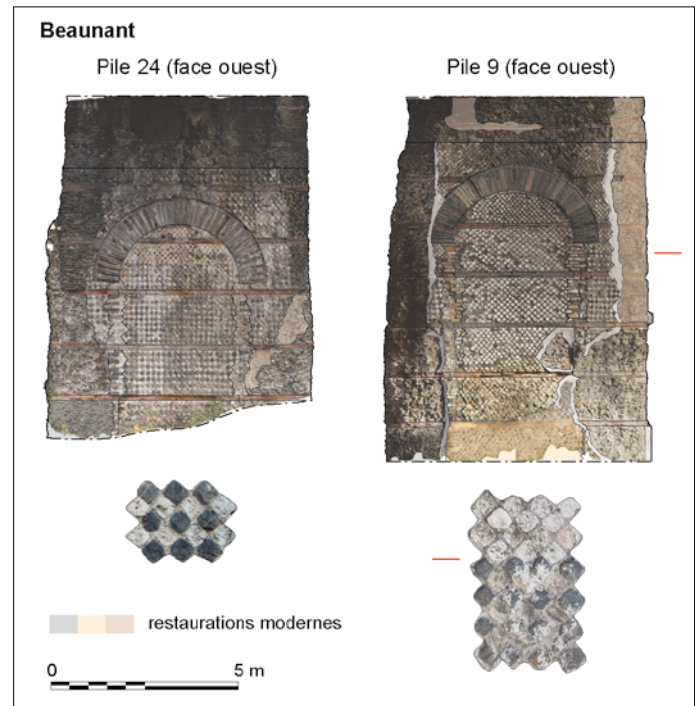


Fig. 4 – Les deux schémas de parement des piédroits du pont-siphon de Beaunant sur l'aqueduc du Gier à Sainte-Foy-lès-Lyon: exemple des piles n^o 24, au parement entièrement bicolore, et n^o 9, où il est bicolore puis monochrome (DAO: K. Blanc).

est particulièrement bien conservé, la première ayant même gardé une partie de ses chaînages d'angles qui ont disparu partout ailleurs. Cette disparition explique en premier lieu la chute du réticulé comme l'ont remarqué François Eschbach et Emmanuelle Boissard aux arches du Plat de l'Air (Eschbach, Boissard 2012) ou avant eux Camille Germain de Montauzan: «c'était là le défaut le plus grave de cet appareil, car les chaînes se liaient assez mal avec l'ensemble: il s'ensuit que les monuments construits en réticulé, même les mieux conservés, sont presque tous plus ou moins endommagés aux angles» (Germain de Montauzan 1909, p. 236). Si l'action du temps est indéniable dans la destruction des parements, l'homme y est pour beaucoup; il ne s'arrête pas à collecter ce qui se détache déjà, mais contribue pleinement à la destruction des piles⁸. L'utilisation des deux ponts comme carrières de pierre aux XVII^e, XIX^e et XX^e s. en est une cause non négligeable.

Si les deux ponts-siphons sont construits avec la même technique et parementés du même appareil, celui de Beaunant présente la particularité d'avoir un parement réticulé bicolore fait d'une alternance plus ou moins stricte de moellons noirs de gneiss ou de granite et de moellons de calcaire blanc. Malgré une apparente homogénéité, il existe toutefois d'importantes différences (fig. 4): le parement des piles pleines, de celles restées élégies et des piles bouchées 8, 23 et 24 est bicolore et conserve une alternance stricte de moellons noirs et blancs sur toute leur hauteur;

8. À propos de Beaunant, Ambroise Comarmond, inspecteur des Monuments historiques, écrit au préfet du Rhône le 30 mars 1852: «[le pont est exposé] à toutes les dégradations, non seulement à la base mais encore à son sommet par le vandalisme incessant des visiteurs qui non contents d'y enlever les pierres qui se détachent à la main, y portent d'énormes cailloux pour battre en brèche le sommet des piliers et de leur voûte» (Archives départementales du Rhône, 4T/7). Voir Borlenghi, Schmitt 2018, p. 51-68 pour le détail des destructions anciennes.

celui des piles n^{os} 9, 10, 21 et 22, également bouchées, bicolore sur les premières épaulées, laisse quant à lui place à un parement monochrome blanc. La pile 22 présente un appareil réticulé tour à tour bicolore et monochrome jusqu'à la cinquième épaulée, puis seulement monochrome blanc en partie haute.

Dans tous les cas, quand le réticulé rencontre une arase de brique, l'extrados des arcs transversaux ou le départ des arches, les moellons sont découpés de manière à s'adapter au mieux à leur forme. Les découpes sont variées et souvent irrégulières notamment autour des arcs. Pour rattraper le niveau plat des arases, les maçons ont aussi utilisé des moellons de réticulé entiers mais de dimensions bien plus réduites.

LE BLOCAGE

La maçonnerie de blocage est faite de fragments de gneiss et de granite, très rarement de calcaire, en proportions variables, noyés dans un mortier de chaux. Les blocs qui la composent varient de 10 à 20 cm de côté et leur densité, bien que différente selon les piles, reste dans l'ensemble assez moyenne. Certaines épaulées présentent en outre des fragments de terre cuite, la plupart du temps de petites dimensions, 5 à 10 cm maximum. Sur le pont de Beaunant, leur densité est particulièrement importante dans les épaulées hautes des piles bouchées : sur la n^o 8 à partir de la septième épaulée ; les n^{os} 9 et 21 à partir de la sixième ; la n^o 22 à partir de la quatrième et sur les n^{os} 23 et 24 à partir de la deuxième. Les fragments de brique sont également particulièrement nombreux dans le blocage du piédroit sud de la pile 26. Ils sont en revanche plus rares au Garon. Les lits qu'ils forment, particulièrement visibles, excluent un déversement désordonné des matériaux. La bonne pénétration des moellons de réticulé dans le blocage va également dans le sens d'une élévation conjointe du parement et du blocage sur deux à trois assises à la fois⁹.

LES ARASES DE BRIQUES

Les piles pleines et les piédroits des piles élégies sont coupés de doubles assises de briques marquant la limite supérieure des épaulées. La hauteur de celles-ci est dans l'ensemble assez régulière, identique sur les ponts du Garon et de Beaunant, en moyenne de 1,40 m. Au pont de Beaunant, la pile 9 compte toutefois une arase de brique supplémentaire dans sa septième épaulée, celle-ci ayant également la particularité de ne pas traverser la pile sur toute son épaisseur : elle ne coupe en effet que sa moitié est et semble être liée à la présence de corbeaux sous l'arche 10. Dans le cas des piles élégies, les arases de briques sont à la même hauteur sur les deux piédroits.

Les briques qui composent ces arases sont des *bipedales*, avec un pied dont la valeur à Lyon a été reconnue à 30,70 cm (Burdy 2003 ; Borlenghi 2005). Leur côté varie ainsi de 60 à 62 cm et leur épaisseur de 4 à 4,50 cm. Les joints entre les briques, comme ceux du réticulé, étaient tirés au fer. Si les verticaux ne sont pas parfaitement réguliers, ils varient de 0,50 à 2 cm, les horizontaux, malgré quelques variations, sont plus réguliers avec une épaisseur qui reste proche de 2 cm.

9. Ces observations rejoignent celles de F. Eschbach et E. Boissard au Plat de l'Air (Eschbach, Boissard 2012, p. 153).

Plusieurs observations ont montré que les arases de briques n'apparaissent pas seulement en parement, comme c'est le cas en Italie dans l'*opus mixtum*, mais traversent l'ensemble des maçonneries. Leur fonction n'est ainsi pas que décorative. Plus qu'une recherche esthétique, C. Germain de Montauzan et J. Burdy leur reconnaissent en effet une fonction architectonique (Germain de Montauzan 1909 ; Burdy 1996) : elles permettent de maintenir le réticulé, de créer un niveau plan en cours de construction, de répartir uniformément les charges exercées par les piles, les arcs et les arches et d'arrêter les éventuelles fissures. Ces arases traversantes jouent en outre le rôle de « chaînages horizontaux » participant encore à la cohésion des maçonneries (Adam 2017, p. 154) : elles lient les parements entre eux et avec le blocage qui formeraient sinon un ensemble hétérogène.

Comme le parement, les briques ont largement souffert de l'érosion. Certaines ont entièrement disparu quand d'autres ont été creusées de presque 20 cm. Au pont de Beaunant, beaucoup d'entre elles, notamment celles des arches, ont été remplacées au cours des opérations de consolidation et de restauration. C'est le cas de celles de presque toutes les arches, de celles de certains arcs transversaux et plus rarement de celles des épaulées hautes des piles.

LES ARCS TRANSVERSAUX

Les piédroits des piles élégies portent des arcs transversaux dont l'ouverture varie de 3,05 à 3,20 m. Ils se composent de trois éléments : deux arcs de tête identiques et une maçonnerie concrète appelée aussi arc central. Les premiers sont faits d'une alternance de briques *bipedales* et de dalles de calcaire (Garon) ou de granite et de gneiss (Beaunant) taillées en claveau et leur extrados est souligné d'un cordon de briques *bessales*. Ils jouent le rôle d'un parement et sont tous les deux aussi larges que leur élément le plus long, les briques, soit 61 cm environ. Le second est fait de la même maçonnerie de blocage que celle des piédroits.

La liaison entre ces différents éléments est toutefois assez faible. Deux solutions ont été adoptées pour lier arcs de tête et central : la première, employée aussi bien au Garon qu'à Beaunant, était permise par la profondeur moins importante des dalles de pierre. L'espace laissé vide pouvait ainsi être comblé par la maçonnerie concrète de l'arc. La seconde, observée uniquement à Beaunant, consistait à relier les briques des arcs de tête par une arase à travers toute la maçonnerie du cintre central (fig. 5). Ces solutions n'étaient toutefois pas suffisantes et les arcs de têtes des piles restées élégies ont très souvent disparu sous l'effet de l'érosion. Ceux des piles bouchées ont été protégés par le remplissage et ceux centraux, qui assurent un rôle purement architectonique, sont, quant à eux, restés intacts que la pile soit bouchée ou non.

LE REMPLISSAGE DES PILES ÉLÉGIES

L'ouverture d'arcs transversaux à l'intérieur des piles était toutefois une erreur technique et certaines piles auraient rapidement présenté des signes d'affaiblissement conduisant à les boucher. Les piles 2 et 20 du pont du Garon présentent en effet d'importantes fissures au niveau de l'extrados de l'arc de même que les piles 5 et 6 du pont de Beaunant pourtant restées ouvertes. De plus, la présence de claveaux de gneiss dans les arcs de tête



Fig. 5 – Détail de l'arc transversal de la pile 5 du pont de Beaunant sur l'aqueduc du Gier à Sainte-Foy-lès-Lyon. L'érosion de son arc de tête ouest, au premier plan, laisse voir les deux méthodes employées pour lier arcs de tête et arc central (DAO: K. Blanc).

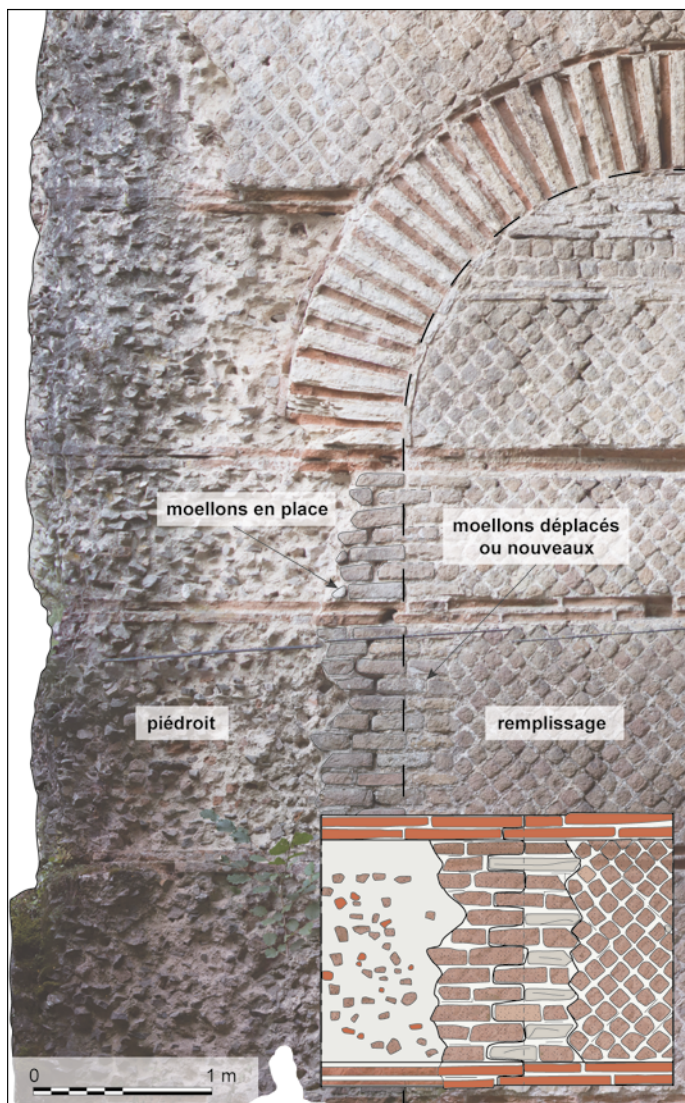


Fig. 6 – Détail du chaînage horizontal entre le piédroit sud et le remplissage de la face est de la pile 19 du pont du Garon, sur l'aqueduc du Gier, entre Brignais et Chaponost (DAO: K. Blanc).

de l'arc transversal de la pile 20 du premier, alors qu'ils sont en calcaire partout ailleurs, laisse penser à une restauration antique, potentiellement concomitante du remplissage. Ceux-ci se trouvent en outre sous une fissure de la maçonnerie qui s'étend de l'extrados de l'arc au départ de la voûte 21.

UNE CONSTRUCTION « À L'IDENTIQUE »

De la même manière que les piédroits, le remplissage est construit en épaulée dont le sommet est marqué de doubles arases de briques *bipedales*, leur hauteur étant calculée pour qu'elles s'alignent parfaitement avec les assises d'origine. La sixième arase de briques de la pile 19 du pont-siphon du Garon est ainsi légèrement inclinée vers le nord pour être au niveau de celle des piédroits qui ne sont pas à la même hauteur.

Le blocage est tout à fait semblable à celui d'origine. Il apparaît en revanche que les fragments de gneiss et de granite qui le composent sont plus gros et que leur densité est plus importante, notamment dans les épaulées basses. De manière générale, il présente également une plus grande concentration de fragments de briques. Cependant, les variations étant importantes, il est risqué d'en faire une règle.

Le parement est lui aussi très proche de celui des piédroits : le réticulé est de la même qualité et les dimensions des moellons sont sensiblement les mêmes. La différence moyenne est très faible et les variations sont particulièrement importantes d'une pile à une autre, d'une épaulée à une autre ou même encore sur une même épaulée. Si ces différences peuvent traduire des approvisionnements distincts (Burdy 2013), il n'est pas possible d'en distinguer entre les piédroits et le remplissage. La meilleure explication est celle de Jean-Pierre Adam qui remarque que la « standardisation n'implique pas une unité de dimensions » (Adam 1984, p. 141).

Des différences apparaissent en revanche dans les parements des remplissages. Au pont du Garon, si certains remplissages sont intégralement parementés d'appareil réticulé, celui-ci s'interrompt en effet parfois sous l'arc transversal pour laisser place à des assises de dalles de pierre ou à des assises de petits moellons carrés. Ces particularités concernent les piles 2, 6, 19 et 20 : elles peuvent se justifier par la contrainte de hauteur imposée par l'arc transversal et il est vraisemblable que les dalles traversent l'intégralité de la pile. Il devait en effet être plus facile de combler l'espace restant sous l'arc par des dalles plutôt que par un blocage. À Beaunant, enfin, si la bichromie de l'appareil réticulé d'origine est reprise dans le parement du remplissage des piles 23 et 24, celle-ci disparaît de celui des nos 8, 9, 10, 21 et 22 où elle laisse place à un parement entièrement blanc de la même manière que sur leurs épaulées hautes (voir *supra*, p. 190).

DES LIENS AVEC LES PARTIES D'ORIGINE PAR UN NOUVEAU CHAÎNAGE ET DES ARASES TRAVERSANTES

Plusieurs solutions ont été adoptées pour lier le remplissage aux piédroits (fig. 6). La première, appliquée systématiquement, est la reprise du chaînage d'angle d'origine pour lier les parements : les moellons qui s'enfonçaient vers l'intérieur des piles ont en effet été démontés pour être replacés dans le sens du remplissage. Ceux qui étaient dans les piédroits sont pour leur part

restés en place. Un moellon sur deux traverse ainsi la ligne de rencontre piédroit/remplissage pour lier les deux. Il semble que ce nouveau chaînage soit composé à la fois d'éléments de récupération et de nouveaux moellons. Il apparaît en effet régulièrement que les pierres de celui-ci sont de matériaux ou de qualité différente, tandis que ceux qui traversent la ligne piédroit/remplissage sont systématiquement identiques à ceux d'origine. Les moellons en contact avec le réticulé sont taillés en biseau pour s'adapter à leur forme. Quand ce n'est pas le cas, l'utilisation d'éléments de réticulé coupés en triangle est courante. Pour augmenter encore la liaison du remplissage avec les parties d'origine, les faces intérieures des piédroits semblent avoir été grattées pour améliorer l'adhérence du mortier au parement préexistant.

Les arases de briques jouent elles aussi un rôle important dans la liaison remplissage/piédroits. Elles mesurent en moyenne 0,61 m et devaient remplir un espace large d'environ 3,05 m, cinq d'entre elles sont entières et pouvaient ainsi combler toute la largeur du remplissage. Cependant, pour ne pas créer de rupture avec les arases d'origine, les premières briques qui composaient celles-ci ont été en partie refouillées pour laisser place à un unique exemplaire s'intégrant à la fois dans le remplissage et dans le piédroit. Ainsi, plutôt que de former trois arases distinctes, l'opération n'en crée plus qu'une semblable à un chaînage horizontal. Le creusement des briques d'origine en cours de chantier de remplissage pourrait ainsi expliquer la plus forte abondance de fragments de ce matériau dans le blocage de certaines piles bouchées.

ÉTUDE DES MATÉRIAUX

Parallèlement, l'étude des matériaux a été menée sur la base de 11 prélèvements sur le pont-siphon du Garon : 7 de pierres, un de brique et 3 de mortier ; et 121 sur celui de Beaunant : 16 de pierres, 59 de briques et 46 de mortier¹⁰.

Les piles des deux ponts n'ont pas fait l'objet de prélèvements systématiques. Le premier étudié, celui de Beaunant, étant classé Monument historique, ceux-ci devaient donc se faire sur des parties non visibles. En l'absence d'échafaudage, seules ont été sélectionnées des parties accessibles à hauteur de bras, mais qui sont cependant plus polluées et érodées. Il est également important de rappeler que le pont a été très restauré et qu'ainsi, il n'a pas été aisé d'atteindre les matériaux d'origine. À l'inverse, au pont-siphon du Garon, après une étude rigoureuse de celui-ci, les prélèvements ont été effectués en fonction des observations du bâti, notamment dans le but de comparer avec le pont-siphon de Beaunant ; de fait, ils ont été ciblés et peu nombreux.

Des analyses à la loupe binoculaire (grossissement $\times 10$) ont tout d'abord été faites, selon des critères définis :

- pour les pierres : couleur, texture et nature des minéraux ;
- pour les briques : couleur, aspect, matrice argileuse, fréquence et granulométrie, nature des inclusions, présence de micas, porosité et résistance ;
- pour les mortiers : couleur, fréquence et granulométrie de la charge, abondance et nature des inclusions, porosité et résistance.

10. Les prélèvements ont été effectués avant ceux de la fouille de David Baldassari et ne sont donc pas les mêmes (Baldassari 2019).

En fonction des résultats obtenus, quelques échantillons ont été sélectionnés pour permettre une analyse pétrographique au microscope polarisant. Faute de temps, seules les lames minces du pont-siphon de Beaunant ont été réalisées. Cette deuxième analyse avait pour but d'observer l'abondance et la nature des inclusions des briques et mortiers et celles des minéraux des pierres.

ANALYSE DES PIERRES

Le parement d'origine et celui du remplissage du pont-siphon du Garon sont constitués quasi exclusivement de moellons de leptynites locales, provenant des monts du Lyonnais (fig. 7). Selon la série, les roches peuvent être métamorphiques ou granitiques. Il s'agit de roches massives primaires, à texture planaire, issues de terrains cristallins. Un fragment de pierre prélevé sur la falaise avoisinante a permis de confirmer cette interprétation.

Quelques exceptions ont cependant été recensées. Le parement des piédroits des piles 2 à 6 est ainsi composé essentiellement de calcaire ciret, un calcaire bajocien issu du mont d'Or. Il s'agit d'une roche demie-dure gélique, à l'aspect légèrement marneux et qui, à l'œil nu, ne montre aucune structure. Ce calcaire fait sa première apparition sur l'aqueduc du Gier sur le réservoir de chasse de Soucieu-en-Jarrest (Rhône), directement en amont du pont-siphon du Garon. Le parement du remplissage de ces piédroits est cependant constitué de moellons de granite local. Il est aussi intéressant de signaler que le réticulé du remplissage s'interrompt sous les arcs des piles 2, 6, 19 et 20 pour laisser place à un appareil en dalles de calcaire.

Au pont-siphon de Beaunant, le parement est bicolore, alternant entre des moellons de roches locales plus foncés et des moellons de calcaires importés plus clairs, de plus en plus présents à l'approche de Lyon (fig. 8). Les premiers sont constitués à la fois de granite à biotite, une roche compacte dont la structure est grenue, et de gneiss à deux micas, plus ou moins phylliteux et caractérisé par une alternance de lits de minéraux différents. Ces deux types de roches ont été extraits des monts du Lyonnais. Les calcaires proviennent quant à eux de la vallée de la Saône et il s'agit majoritairement de calcaires oolithiques et ciret, déjà observés au pont-siphon du Garon. Le calcaire oolithique, ou pierre de Lucenay, est issu du Jurassique moyen, de l'étage du Bathonien. Cette roche de dureté moyenne possède une structure grenue et est facilement distinguable par son accumulation d'oolithes (entre 0,12 et 1,50 mm) et plus rarement la présence de fossiles (algues, Bryozoaires, etc.). Les prélèvements faits par l'équipe de D. Baldassari lors de la fouille des piles 17 à 19 ont été étudiés par Hugues Savay-Guerraz et se sont montrés similaires aux nôtres (Baldassari 2019, p. 61-64).

Les parements des piles d'origine et du remplissage semblent similaires, mais s'avèrent plus complexes après une observation plus rigoureuse, comme cela a été signalé précédemment (voir *supra*, p. 192). D'autres calcaires ont d'ailleurs été observés plus ponctuellement sur le pont. Du calcaire aalénien du mont d'Or est présent sur le chaînage de la pile 8. Un échantillon prélevé sur un fragment d'une pile (pile X) trouvé lors des travaux de l'avenue Paul-Dailly à Sainte-Foy-lès-Lyon a montré la présence de nombreux fossiles observés en lame mince (Bryozoaires, oursins, gastéropodes, etc.). Il pourrait éventuellement s'agir de la pierre du Midi, un calcaire tendre biodétritique provenant de la vallée du Rhône.

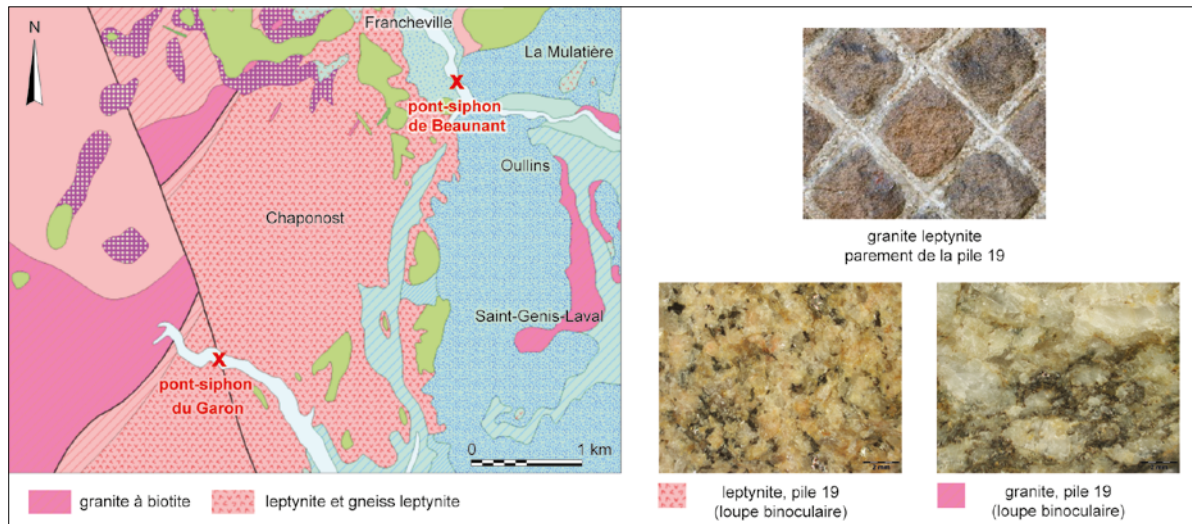


Fig. 7 – Les roches du pont-siphon du Garon, sur l'aqueduc du Gier, entre Brignais et Chaponost (DAO: L. Danielou, Arkemine).

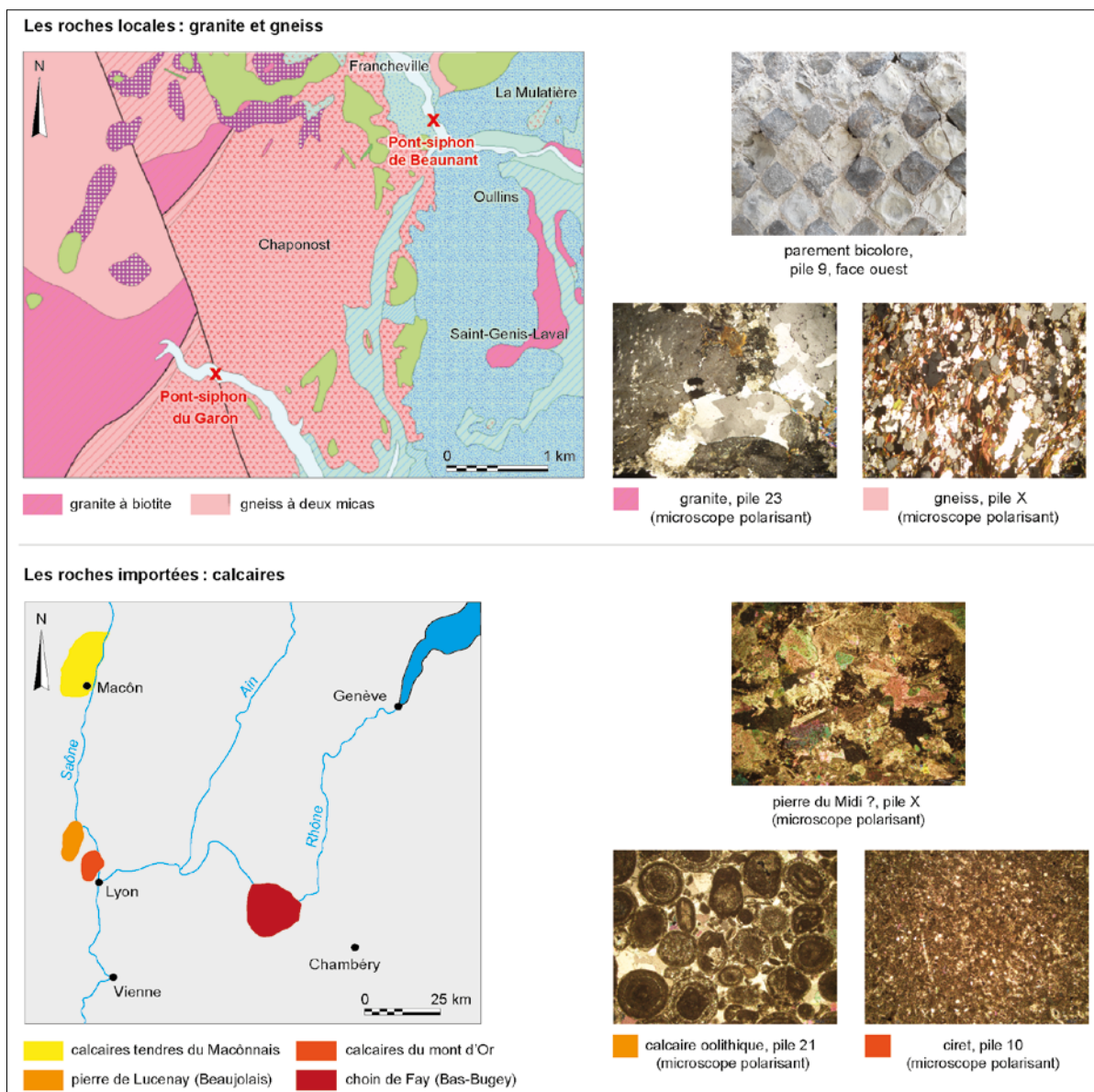


Fig. 8 – Les roches du pont-siphon de Beaunant, sur l'aqueduc du Gier, à Sainte-Foy-lès-Lyon (DAO: L. Danielou).

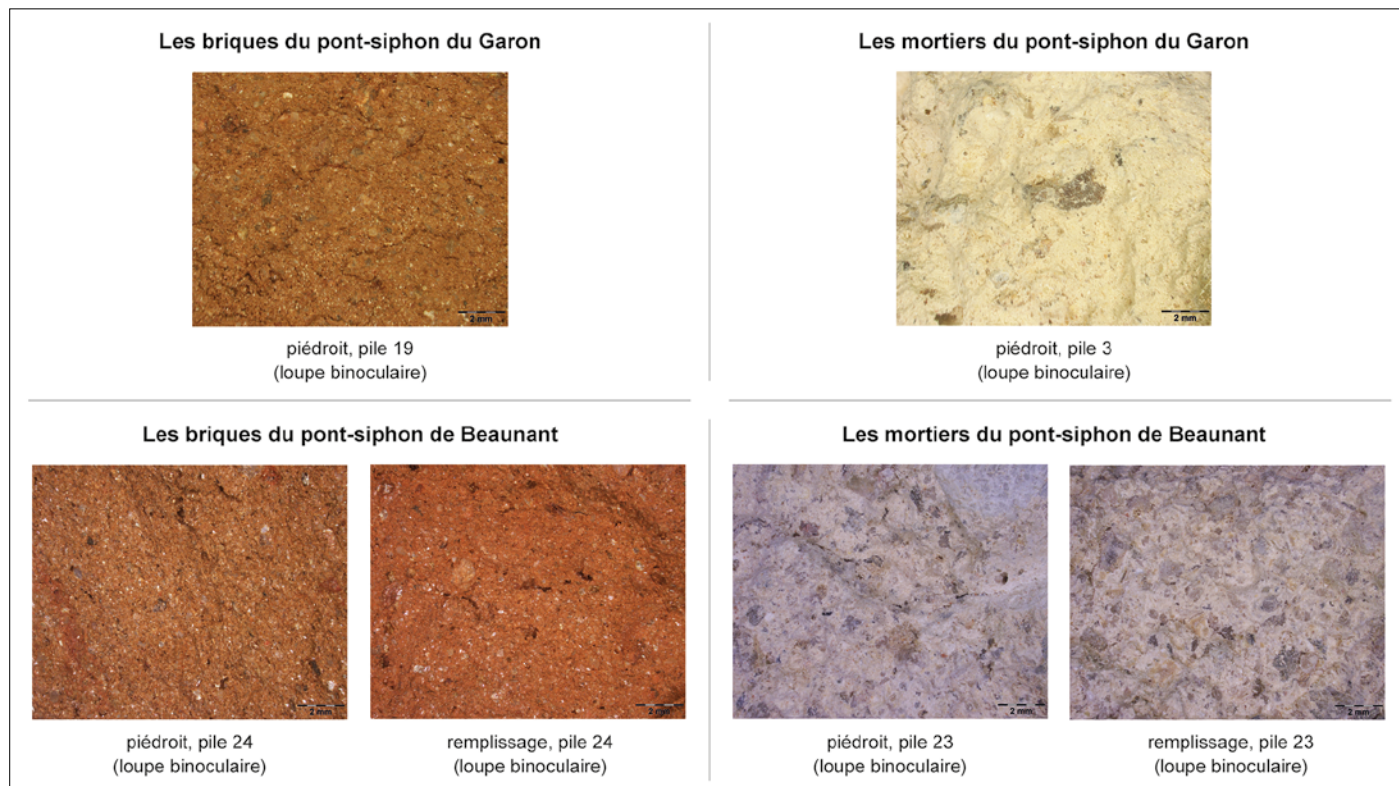


Fig. 9 – Les briques et mortiers des ponts-siphons de Beaunant, à Sainte-Foy-lès-Lyon, et du Garon, entre Brignais et Chaponost, sur l'aqueduc du Gier (DAO: L. Danielou).

ANALYSE DES BRIQUES

Les briques des ponts-siphons du Garon et de Beaunant sont similaires dans leur composition : de couleur orangée, elles possèdent une pâte sableuse et micacée (fig. 9). La granulométrie oscille entre 0,08 et 0,90 mm au Garon et entre 0,15 mm et 1 mm à Beaunant, avec une présence majoritaire de quartz pour les deux. Les briques prélevées au pont-siphon de Beaunant n'ont montré aucune différence entre celles des piles d'origine et celles du remplissage. Nos échantillons pourraient s'apparenter au groupe de type B-2 identifié par Benjamin Clément dans le cadre de la fouille de D. Baldassari sur les piles 17 à 19 du pont-siphon de Beaunant (Baldassari 2019, p. 57-58).

Un deuxième groupe a été vu au pont-siphon de Beaunant, uniquement sur les briques situées à l'intérieur des piédroits des arcs transversaux des premières piles. Celles-ci sont à pâte hétérogène, plus claire et plus sableuse. La granulométrie oscille entre 0,10 et 0,80 mm et des inclusions beiges visibles sont dues à un mauvais mélange de la matière lors de la fabrication de la brique.

ANALYSE DES MORTIERS

Le mortier de chaux présent au pont-siphon du Garon est blanc-jaune, à pâte fine et friable (fig. 9). Sa granulométrie fine montre des inclusions entre 0,12 mm et 1 mm, dont l'abondance est inférieure à 10 %. Elles proviennent du sable de la rivière du Garon passant sous le pont et il s'agit de fragments de quartz, granite et gneiss. Ce mortier est mis en œuvre sur l'ensemble des piles, à la fois sur les parties d'origine et leur remplissage.

Le mortier de chaux présent au pont-siphon de Beaunant est quant à lui blanc-beige, à pâte fine et friable. Les inclusions abondent entre 15 et 40 % et mesurent entre 1 et 3 mm. Le sable est extrait des dépôts alluviaux de l'Yzeron, passant sous le pont, et caractérisé par la présence de fragments de roches issues du Massif central (Cailleux 1939). L'étude des mortiers menée par B. Clément lors de la fouille de D. Baldassari sur les piles 17 à 19 a confirmé nos observations (Baldassari 2019, p. 59-61). Ce mortier est mis en œuvre sur l'ensemble du pont, à la fois sur les piles d'origine et sur leur remplissage.

HYPOTHÈSES SUR LES CHOIX DE CONSTRUCTION ET LA CHRONOLOGIE

L'OPUS RETICULATUM MIXTUM, L'ÉLÉGISSEMENT, LA NORMALISATION ET LES MATÉRIAUX : UN CHOIX ÉCONOMIQUE ?

Face à la faiblesse des piles élégies et à l'érosion importante de ces monuments, le choix de cette construction paraît n'avoir été conduit que par une recherche esthétique (Eschbach, Boissard 2012, p. 153, 157). L'aspect décoratif procuré par l'utilisation combinée du réticulé et des arases de briques, accentué encore par l'élégiement des piles, est indéniable, notamment à Beaunant où le réticulé est bicolore. Ces ouvrages constituent par leur élégance un véritable marqueur de la puissance de Rome ou de l'autorité

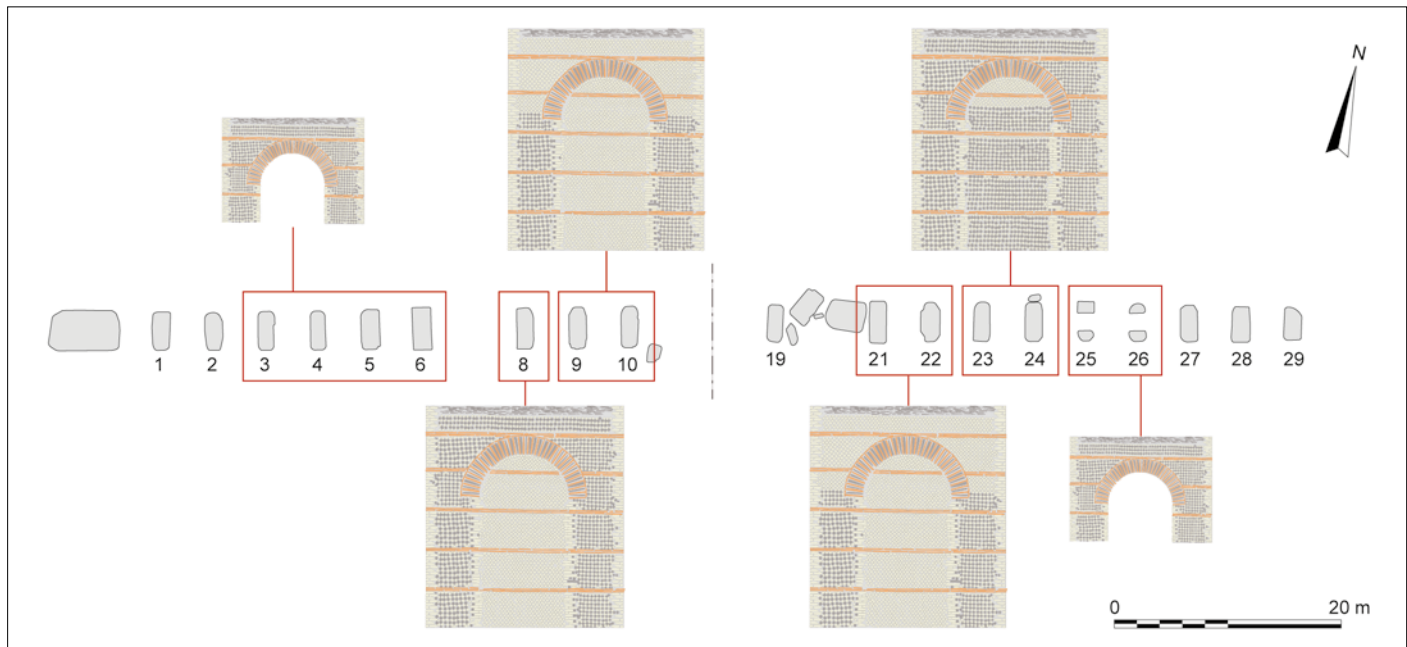


Fig. 10 – Répartition des différents schémas de parement du pont-siphon de Beaunant, sur l'aqueduc du Gier, à Sainte-Foy-lès-Lyon (DAO: K. Blanc).

d'une colonie sur son territoire¹¹. La composante idéologique du choix du parement n'est ainsi pas négligeable, ce dernier faisant partie intégrante des programmes édilitaires de grande importance tels que les enceintes ou les aqueducs (Dessales 2010, p. 499-500). Or parmi ceux-ci, le réticulé revêt une importance considérable, Vitruve au 1^{er} s. en faisant la plus belle des maçonneries (Vitruve, *De l'architecture*, II, 8,1). Au-delà d'un aspect esthétique, son association avec des arases de briques traversant l'ensemble de la maçonnerie répond à un mode de construction régional où cette association est d'un usage très courant depuis au moins l'époque augustéenne dans la région lyonnaise (Desbat 1992) et dans le reste de la Gaule (Borlenghi 2015, p. 82-85).

Les composantes techniques et économiques du réticulé ne doivent pas pour autant être oubliées. Le parement en petit appareil dont fait partie le réticulé est en effet apparu avec une évolution socio-économique du monde romain par laquelle l'usage plus abondant d'une main d'œuvre servile a conduit à « la fabrication rapide de matériaux de construction aisés à tailler à partir d'une formation sommaire spécialisée » (Adam 1984, p. 144). Le choix de celui-ci se comprend ainsi parfaitement dans une économie de chantier où la standardisation et la normalisation semblent poussées à leur maximum, comme en témoignent avec plus ou moins de régularité les dimensions des élévations des ponts-siphons (Burdy 1996, p. 267-269; 2003; 2013)¹². Dans ce sens, la forme et la taille des moellons sont justifiées par la standardisation, mais aussi la volonté de simplifier le travail du maçon : de petites dimensions les moellons sont plus rapides à produire et plus légers. En dehors

des blocs de grand appareil utilisés en fondation et en soubassement, tous les éléments sont en effet facilement manipulables et la disposition de moellons carrés à 45° permet une pose rapide.

Le choix des matériaux a de son côté été guidé par ce qu'il y avait sur place ou non loin. Le granite qui parement le pont du Garon affleure immédiatement au pied de celui-ci et les éléments de calcaire, les dalles claveaux des arcs de tête au Garon et les moellons blancs à Beaunant sont le fruit d'importations régionales et tout indique qu'ils n'ont pas été taillés sur place. Le blocage ne présente que très peu de fragments calcaires dans sa maçonnerie, y compris là où le parement est en calcaire. De plus, la très bonne concrétion qu'offrait le mortier de chaux a permis, au Garon et à Beaunant, l'utilisation de tout venant de qualité médiocre, de nature et de forme très irrégulières. Le choix des briques s'explique quant à lui par leur facilité de production et le coût peu élevé de celle-ci, d'autant que les abords des deux ponts-siphons comptent des gisements d'argile importants (Borlenghi 2015, p. 80, n. 15).

LE REMPLISSAGE DES PILES

Malgré tout, l'élégissement était une erreur et certaines piles ont présenté des signes d'affaiblissement parfois importants et encore visibles aujourd'hui. Les piles les plus hautes, plus fragiles, ont ainsi été comblées. L'emploi de l'appareil réticulé dans les parements des remplissages, l'utilisation de briques de même module et la volonté de reprendre les caractéristiques du parement des piles d'origine laissent penser à une intervention des mêmes équipes de travail sur les deux phases ou tout du moins à celle d'équipes qui maîtrisaient encore cette technique, jamais attestée ailleurs à Lyon ou dans la région et très rare en Gaule (Dessales 2010; Borlenghi 2015).

À Beaunant, un aspect important à noter concerne en revanche la disposition des moellons de l'appareil réticulé. L'alternance stricte de moellons noirs et blancs des premières piles à l'ouest

11. « Avec les amphithéâtres, les aqueducs sont sans doute les monuments qui représentent le mieux la puissance et la permanence de Rome » (Malissard 2002, p. 11).

12. D'autant plus que l'appel à une maîtrise et une main d'œuvre très spécialisée est très courant dans la construction d'ouvrages de grande ampleur, notamment les aqueducs (Dessales 2010, p. 499).

et des dernières à l'est disparaît des épaulées hautes de certaines piles centrales et de leur remplissage (fig. 10) pour laisser place à un parement entièrement en calcaire blanc. Ces différences pourraient n'être que le fait des approvisionnements au moment du remplissage ; la disponibilité de moellons de tel ou tel matériau pourrait par exemple ne pas avoir permis l'alternance de différentes couleurs. Ces disparités pourraient également résulter d'un colmatage en plusieurs temps, à des périodes différentes. Les remplissages bicolores des piles 23 et 24, qui reprennent le même schéma que les piédroits d'origine, pourraient ainsi avoir été réalisés en premier et auraient profité des mêmes stocks, tandis que celui monochrome des autres aurait, lui, été réalisé dans un second temps avec un nouveau lot de matériaux. Si certaines piles du pont-siphon de Beaunant ou même du Garon en amont sur le parcours de l'aqueduc avaient montré des signes d'affaiblissement en cours de construction, il est aussi possible que le remplissage soit contemporain. Le parement monochrome de certaines piles d'origine, telles les parties hautes des plus centrales (9, 10, 21 et 22), identique à celui du remplissage, pourrait être un argument allant dans ce sens : les variations dans le parement des piles bouchées apparaissent en effet aussi bien dans les piédroits d'origine que dans les remplissages.

*
* *

L'étude du bâti des ponts-siphons du Garon et de Beaunant a autorisé de nouvelles observations et de nouvelles réflexions concernant les techniques de construction de l'aqueduc du Gier. Elles viennent tout d'abord conforter un certain nombre d'hypothèses concernant la mise en œuvre, avancées avec l'étude du bâti d'autres ouvrages d'art de l'aqueduc, notamment celle des arches du Plat de l'Air (Eschbach, Boissard 2012).

Il apparaît ensuite que l'utilisation de l'appareil réticulé associé à de la brique relève d'un choix non pas seulement esthétique, mais aussi économique. Si l'*opus reticulatum* et la brique paraissent à juste titre assez fragiles face au temps, il a pu être montré que l'homme a joué un rôle non négligeable dans leur destruction. L'étude des matériaux a quant à elle permis d'identifier

la nature et la provenance des roches, ainsi que la caractérisation des mortiers et des briques utilisés pour la construction des deux ponts-siphons. Il est attesté dans les deux cas que les matériaux sont locaux ou d'importation régionale et répondent, comme les choix constructifs, à une volonté d'économie générale de moyens. Dans cette optique, l'élégissement paraît également avoir été dicté par un choix économique, l'ouverture des piles permettant une économie substantielle de matériaux.

Concernant la question du remplissage des piles élégies, complées à la suite de problèmes de stabilité, ces nouvelles observations et analyses ont permis d'appréhender la technique et la méthode de remplissage. À ce propos, il a été possible de comprendre comment ont été réalisés les bouchages des piles élégies et les moyens de les lier à la construction originelle grâce notamment au démontage des chaînages d'angle d'origine, pour les faire correspondre au nouveau parement. Il est enfin également apparu que la technique de construction et les matériaux utilisés sont les mêmes dans les deux phases, malgré des différences ponctuelles imputables à une certaine forme de pragmatisme dans la construction ou à l'approvisionnement du chantier. Dans tous les cas, malgré les différences de couleurs et de disposition des moellons à Beaunant ou des différences plus ponctuelles au Garon, l'emploi de la même technique qu'à l'origine, dont l'utilisation en dehors d'Italie est rare, argue en effet en faveur d'un temps court entre la construction initiale et le remplissage des piles. La volonté des constructeurs de lier architecturalement et structurellement ces deux phases, sans pour autant nuire à l'esthétisme de l'ensemble, permet ainsi d'y voir une construction très rapprochée qui ne dépasse peut-être pas la mise en service de l'aqueduc ou la fin de son édification.

Cette nouvelle étude pourrait être augmentée d'un examen du pont-siphon de la Durèze construit de la même manière en appareil réticulé coupé d'arases de briques *bipedales*, et dont les piles ont elles aussi été ouvertes sous un arc transversal. S'il s'avère que la boucle de contournement de la vallée qu'il permet de traverser est postérieure à celui-ci, il est également possible qu'elle ait été une réponse différente au remplissage des piles. Son étude pourrait ainsi apporter de nouveaux éléments de chronologie et confirmer ou infirmer les hypothèses proposées ici.

BIBLIOGRAPHIE

SIGLES ET ACRONYMES

BSNAF	<i>Bulletin de la Société nationale des antiquaires de France.</i>
RAE	<i>Revue archéologique de l'Est.</i>
RFO	Rapport final d'opération.

SOURCE ANCIENNE

Vitruve, *De l'architecture*, éd. P. Gros, Paris, Les Belles Lettres (coll. Editio minor), 2015.

RÉFÉRENCES

- Adam J.-P. 2017** [7^e éd.] : *La construction romaine : matériaux et techniques*. Paris, Picard (coll. Grands manuels Picard), 400 p.
- Baldassari D. 2019** : *Sainte-Foy-lès-Lyon (Rhône) - Avenue Paul Dailly (RD342), pont-siphon de Beaunant*, RFO de fouille archéologique préventive, Chaponnay, Archeodunum, 258 p.
- Blanc K. 2018** : *Pont-siphon de Beaunant : première étude du bâti et des restaurations*, Mémoire de master 1, Lyon, université Lumière Lyon 2, 95 p.
- Blanc K. 2019** : *Étude du bâti et des restaurations des ponts-siphon de l'aqueduc du Gier*, Mémoire de master 2, Lyon, université Lumière Lyon 2, 190 p.
- Borlenghi A. 2005** : Il rilievo dei mattoni bipedali: un nuovo apporto alla determinazione del piede impiegato nell'acquedotto del Gier, in Riera I. (dir.), *In binos actus lumina*, Anno II, *Rivista di studi e ricerche sull'idraulica storica e la storia della tecnica, Atti del Convegno Internazionale di Studi "Archeologia e società. L'idraulica degli Antichi fra passato e futuro"*, Narni – Rocca dell'Albornoz, 18-20 ottobre 2001, La Spezia, éditions Agora, p. 85-97.
- Borlenghi A. 2015** : La technique en *opus (reticulatum) mixtum* de l'aqueduc du Gier à Lyon : un apport pour la détermination de la chronologie, in Borau L., Borlenghi A. (dir.), *Aquae Ductus, Actualité de la recherche en France et en Espagne, Actes du colloque international de Toulouse, 15-16 février 2013*, Bordeaux, Fédération Aquitania (coll. Suppl. à *Aquitania*, 33), p. 79-95.
- Borlenghi A., Schmitt A. 2018** : *Aqueduc du Gier (Rhône). Étude du pont-siphon de Beaunant et relevé de la partie terminale du tracé de l'aqueduc*, Rapport de prospection thématique, Lyon, UMR 5138 ArAr, 202 p.
- Borlenghi A., Schmitt A. (dir.) à paraître** : *Aqueduc du Gier (Rhône). Étude du pont-siphon de Beaunant et relevé de la partie terminale du tracé de l'aqueduc*, Rapport de prospection thématique, Lyon, UMR 5138 ArAr.
- Burdy J. 1996** : *IV. Lyon. L'aqueduc romain du Gier*, Lyon, Comité départemental du pré-inventaire des monuments et des richesses artistiques.
- Burdy J. 2001** : Les ponts des siphons de l'aqueduc romain du Gier, à Lyon. Tablier incliné et piles élégies, *BSNAF*, p. 38-55.
- Burdy J. 2003** : Normalisation et briques de l'*opus mixtum* dans l'aqueduc romain du Gier (Lyon), *BSNAF*, p. 211-221.
- Burdy J. 2013** : L'appareil réticulé de l'aqueduc romain du Gier, *BSNAF*, p. 147-159.
- Burdy J. 2015** : *Guillaume Marie Delorme, 1700-1782. Recherches sur les aqueducs de Lyon, construits par les Romains. Textes et dessins*, Messimy, L'Araire, 269 p.
- Cailleux A. 1939** : Sur quelques sables des environs de Lyon. Essai d'expertise, *Bulletin de la Société linnéenne de Lyon*, 8-6, p. 166-169.
- Cartallas E. 1986** : Les aqueducs faillirent-ils s'écrouler?, *L'Araire*, 66, p. 103-108.
- Clément B. 2015** : Approvisionnement et organisation de la production de terre cuite architecturale en Gaule. L'exemple de la colonie de Lugdunum (Lyon), *Archeologia dell'Architettura*, 20, p. 158-167.
- Danielou L. 2018** : *Analyse des matériaux du pont-siphon de Beaunant*, Mémoire de master 1, Lyon, université Lumière Lyon 2, 173 p.
- Danielou L. 2019** : *Étude des matériaux des ponts-siphon de Beaunant et du Garon*, Mémoire de master 2, Lyon, université Lumière Lyon 2, 173 p.
- Delorme G.-M. 1760** : *Recherches sur les aqueducs de Lyon, construits par les Romains, lues dans les séances de l'Académie des sciences, belles-lettres et arts de Lyon, des 29 mai et 5 juin 1759*, Lyon, Aimé Delarue, 63 p.
- Desbat A. 1992** : Note sur l'apparition des constructions à arases de briques dans la région lyonnaise, *Gallia*, 49, p. 45-50.
- Desbat A. 2011** : La datation de l'aqueduc du Gier à Lyon : état d'une question controversée, *RAE*, 60, p. 173-187.
- Dessales H. 2010** : Les usages de l'*opus reticulatum* dans la construction romaine : le cas des enceintes et des aqueducs, in Carvais R., Guillerme A., Nègre V., Sakarovitch J. (dir.), *Édifice & Artifice. Histoires constructives*, Paris, Picard, p. 493-502.
- Eschbach J., Boissard E. 2012** : Nouvelles observations sur les techniques de construction de l'aqueduc romain du Gier : les arches du Plat-de-l'Air, Chaponost (Rhône), *RAE*, 61, p. 133-158.
- Malissard A., 1994** : *Les Romains et l'eau. Fontaines, salles de bains, thermes, égouts, aqueducs...*, Paris, Les Belles Lettres, 342 p.