



HAL
open science

L'aqueduc du Gier : nouvelles données sur le pont-siphon de l'Yzeron à Sainte-Foy-lès-Lyon, quartier de Beaunant (Métropole de Lyon)

David Baldassari, François Blondel, Stéphane Gaillot

► To cite this version:

David Baldassari, François Blondel, Stéphane Gaillot. L'aqueduc du Gier : nouvelles données sur le pont-siphon de l'Yzeron à Sainte-Foy-lès-Lyon, quartier de Beaunant (Métropole de Lyon). *Gallia - Archéologie des Gaules*, 2023, Les aqueducs romains de Lyon et d'ailleurs : nouveaux repères, 80 (1), pp.167-185. <10.4000/11ud2>. <hal-04614819>

HAL Id: hal-04614819

<https://hal.science/hal-04614819v1>

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 : nouvelles données sur le pont-siphon de l'Yzeron à Sainte-Foy-lès-Lyon, quartier de Beaunant (Métropole de Lyon)

David BALDASSARI*, François BLONDEL** et Stéphane GAILLOT***

Mots-clés. Architecture, bois d'œuvre, géoarchéologie, hydraulique, matériau de construction, technique de construction, catastrophe naturelle.

Résumé. En 2018, une fouille d'archéologie préventive a concerné trois piles (17, 18 et 19) du pont-siphon de l'Yzeron à Beaunant sur la commune de Sainte-Foy-lès-Lyon (Métropole de Lyon) situées dans le lit actuel de la rivière. Cette intervention a permis de découvrir des

soubassements en opus quadratum établis à la base de l'élévation de deux piles (17 et 19) et de mettre au jour les vestiges bien conservés d'un coffrage en bois employé pour la mise en œuvre de l'opus caementicium du massif de fondation de la pile 18. Ces données inédites offrent la possibilité de questionner, au travers de l'originalité des matériaux et des procédés de construction, le tracé antique de la rivière et sa relation à l'édifice.

The Gier aqueduct: New data on the Yzeron bridge-siphon Sainte-Foy-lès-Lyon, Beaunant district (France)

Keywords. Architecture, timber, geoarchaeology, hydraulics, building materials, building technique, natural disasters.

Abstract. In 2018, an archaeological excavation was undertaken to study three piers (17, 18 and 19) of the Yzeron bridge-siphon at Beaunant (Sainte-Foy-lès-Lyon, France) located in the current riverbed. This operation uncovered the opus quadratum foundations established

at the base of the elevation of two piers (17 and 19) and revealed the well-preserved remains of a wooden frame used to carry out the opus caementicium for the foundation block of pier 18. The resulting data is unprecedented in the originality of the materials and construction process, and offer the possibility of exploring the question of the ancient route of the river and its relation to the building.

L'aqueduc du Gier, dont l'alimentation se situait à 405 m d'altitude dans la rivière du même nom, à Saint-Chamond (Loire), au pied du mont Pilat, cheminait sur près de 86 km sur le rebord méridional du plateau lyonnais avant d'aboutir à Lyon (Métropole de Lyon), au sommet de la colline de Fourvière, à 300 m d'altitude. La majeure partie de l'édifice est composée d'un conduit maçonné enfoui dans le sol. Cependant, l'aqueduc possède également de nombreux ouvrages qui permettaient le franchissement

des obstacles topographiques jalonnant son parcours : 11 tunnels, 30 ponts-canaux, 10 passages sur murs ou sur arches, 4 siphons. Le troisième siphon, situé entre le PK 67,890 et le PK 70,550, permettait le franchissement de la vallée de l'Yzeron entre le bord oriental du plateau de Chaponost (Rhône) au Plat de l'Air et le bord occidental de l'arête de Sainte-Foy-lès-Lyon (Métropole de Lyon) dans les environs du lieu-dit le Cruy (fig. 1). À cet endroit, la vallée mesure environ 1,50 km de large et près de 125 m de

* Archeodunum SA ; chercheur associé, UMR 5138 – Archéologie et Archéométrie (ArAr) ; 500 rue Juliette-Récarnier, F-69970 Chaponnay. Courriel : d.baldassari@archeodunum.fr

** Post-doctorant FNS, Climate Change Impacts and Risks in the Anthropocene (C-CIA) ; UMR 6249 – Laboratoire Chrono-Environnement (LCE) ; Institut des sciences de l'environnement, université de Genève, 66 boulevard Carl-Vogt, CH-1205 Genève. Courriel : francois.blondel@unige.ch

*** Service archéologique de la ville de Lyon ; chercheur associé, UMR 5600 – Environnement, ville et société (EVS) ; 10 rue Neyret, F-69001 Lyon. Courriel : stephane.gaillet@mairie-lyon.fr

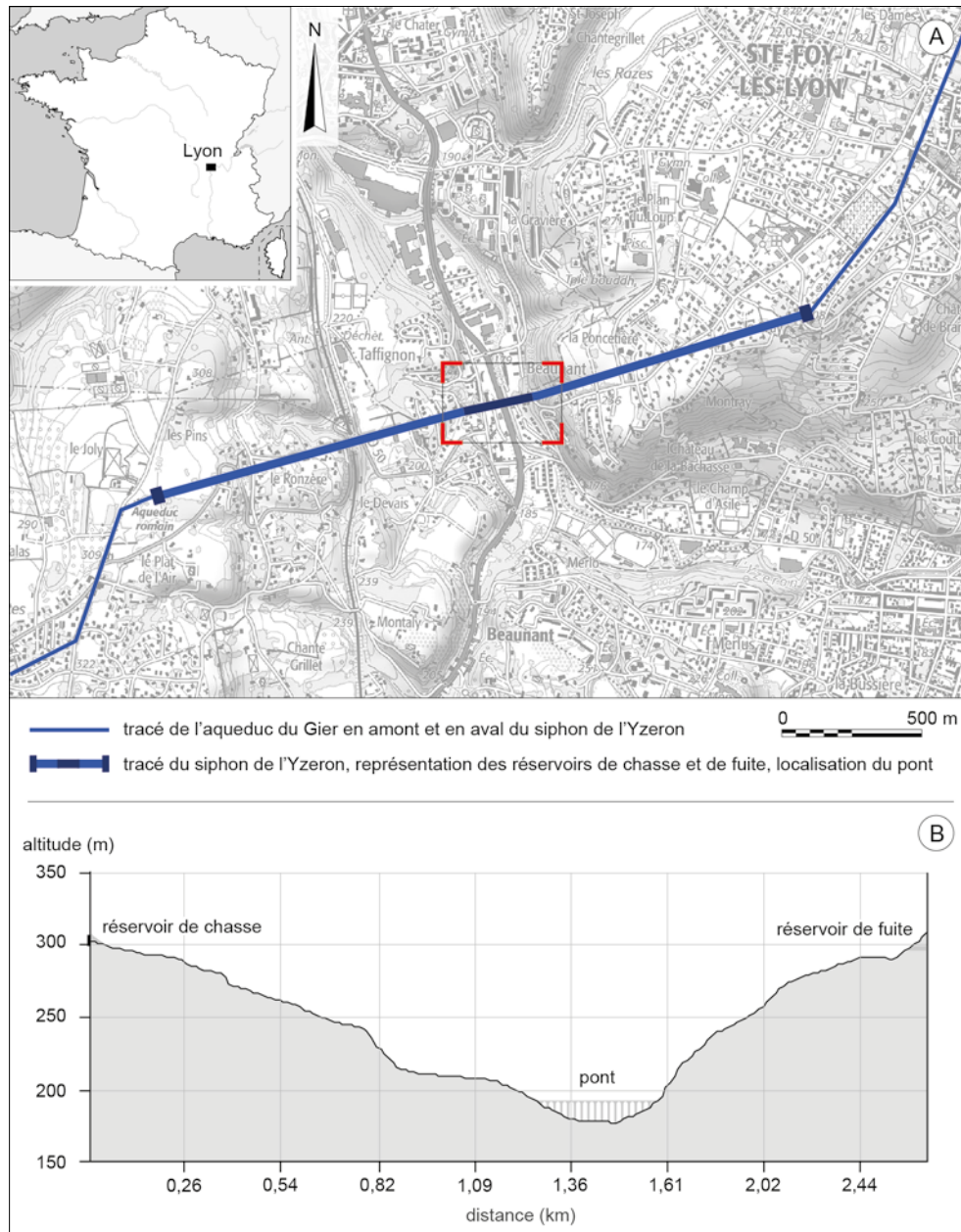


Fig. 1 – A, localisation du siphon de l'Yzeron et du pont de Beauvant situés sur le tracé de l'aqueduc du Gier à Sainte-Foy-lès-Lyon (Métropole de Lyon); **B**, profil topographique de la vallée de l'Yzeron dans l'axe du siphon (source: geoportail.gouv.fr; DAO: D. Baldassari, Archeodunum).

profondeur. Le tracé du siphon couvrait une longueur de 2,66 km, débutant au réservoir de chasse juché à environ 314 m d'altitude, au sommet du rampant du Plat de l'Air, et s'achevant à 306 m d'altitude, au réservoir de fuite dont les vestiges du soubassement sont situés boulevard Baron-du-Marais à Sainte-Foy-lès-Lyon. Le siphon comptait vraisemblablement 11 tuyaux, dont les tracés ont été identifiés en plusieurs points sur les versants de la vallée (Burdy 1996, p. 158). Au fond de la vallée, les tuyaux étaient supportés par un pont assurant le franchissement de la rivière.

Remarquablement bien conservé, le monument a été inscrit pour la première fois à l'inventaire des monuments historiques en 1875. Le pont de Beauvant mesurait 290 m de long au tablier, 18 m de haut dans sa partie centrale et comptait 30 arches – dont 15 subsistent aujourd'hui – supportées par 29 piles. Les arches mesurent 6,10 m d'ouverture, les piles 3,05 m dans le sens

longitudinal du pont et 7,35 m dans le sens transversal. À proximité des culées, les piles les plus basses sont pleines et massives. C'est également le cas de la pile 19, la seule de la partie centrale du pont partiellement conservée. Les piles intermédiaires étaient à l'origine élégies, c'est-à-dire percées par une arche transversale. Sur l'ensemble des piles conservées et érigées de la sorte, huit ont été comblées. Jean Burdy a parfaitement exposé les causes de ces remaniements (Burdy 1996, p. 265-267) en s'appuyant sur les travaux d'Étienne Cartallas (1986), qui a montré que les piles élégies les plus hautes comportaient un risque de déstabilisation produit par l'exercice de contraintes obliques excessives sur les piédroits.

Comme la totalité des ouvrages aériens de l'aqueduc, le parement des maçonneries du pont est mis en valeur par le recours à un *opus reticulatum* dont le décor joue sur la diversité et la polychromie des matériaux employés (Savay-Guerraz 2015, p. 318).



Fig. 2 – Le pont de Beaunant à Sainte-Foy-lès-Lyon : **A**, vue vers le nord-est de l'emprise de la fouille et de la moitié orientale du pont ; **B**, vue sommitale de l'emprise de fouille (clichés : Actuadrone).

Ici, les épaulées, de 1,20 à 1,40 m de hauteur, alternent avec des arases de briques, contrairement à la partie amont du tracé où celles-ci sont constituées de dalles de gneiss ou de micaschiste (Burdy 1996, p. 227).

En 1991 et 1992, à l'initiative de Robert Royet¹, une centaine d'échantillons de briques prélevés sur les piles orientales du pont ont fait l'objet d'une datation archéomagnétique réalisée par le laboratoire Iramat-CRP2A à Rennes. Le lot A était composé d'échantillons prélevés indifféremment sur les piles 21 à 29 situées à l'aval du pont ; les échantillons du lot A' ont concerné à eux seuls la pile 19. Les résultats de ces analyses furent dévoilés pour la première fois par Armand Desbat dans un article publié en 2011

(Desbat 2011, p. 180). Ils proposaient une datation située entre 10 et 70 apr. J.-C pour le lot A et entre 40 et 150 apr. J.-C pour le lot A', amenant à formuler l'hypothèse d'une reconstruction de la pile 19. La réévaluation de ces résultats en 2016² a cependant fourni des intervalles chronologiques nettement plus homogènes : entre 3 av. J.-C. et 142 apr. J.-C. pour le lot A et entre 58 et 140 apr. J.-C. pour le lot A'. Encore bien trop étendus pour permettre de définir précisément la date de construction de l'aqueduc du Gier, ces intervalles englobent les deux datations couramment avancées pour l'édification du monument : soit sous le règne de l'empereur Claude (41-54 apr. J.-C.), soit sous le règne de l'empereur Hadrien (117-138 apr. J.-C.).

1. Conservateur en chef du patrimoine, service régional de l'archéologie (SRA), direction régionale des Affaires culturelles (Drac) Auvergne-Rhône-Alpes.

2. Analyses effectuées par Philippe Lanos (Iramat-CRP2A) à la demande de Robert Royet.

Cet article présente les résultats d'une fouille d'archéologie préventive portée par le Syndicat mixte d'aménagement de gestion de l'Yzeron, du Ratier et du Charbonnières (SAGYRC) dans l'optique d'un aménagement de protections contre les inondations (fig. 2). L'Yzeron est en effet une rivière péri-urbaine à caractère torrentiel dont le lit a été imprudemment urbanisé (Chocat 1997 ; Grosprêtre 2012) : si son module annuel est faible (0,65 m³/s), le débit de pointe d'une crue enregistrée en 2003 a atteint plus de 100 m³/s, tandis que la crue centennale pourrait atteindre près de 170 m³/s³. En revanche, l'étiage est parfois absolu et le lit totalement sec. La géologie du bassin versant de la rivière est essentiellement représentée par des roches d'origine métamorphique (granite et gneiss) et il n'est pas rare que la rivière circule au contact immédiat du socle rocheux (fig. 3). Dans le quartier de Beaunant à Sainte-Foy-lès-Lyon (Métropole de Lyon), le cours de la rivière a été déplacé de quelques dizaines de mètres vers l'est en 1972 afin de permettre l'aménagement d'une route à quatre voies. À cette époque, le cours d'eau a été artificialisé sur 550 m et contenu entre des berges abruptes. Les maçonneries enfouies de l'une des piles du pont-siphon de l'aqueduc (la pile 18) se sont alors trouvées dans l'axe du nouveau lit de la rivière.

Cette configuration, avec un chenal unique fixe et rectiligne, est évidemment bien différente de celle que présentait la rivière à son état « naturel ». Néanmoins, le secteur se caractérise par un large fond de vallon, hérité d'un ancien tracé du Rhône (Mandier 1988), où l'Yzeron, rivière à charge caillouteuse, pente élevée et fortes variations des écoulements (Grosprêtre 2012), pouvait s'écouler entre plusieurs chenaux séparés par des bancs caillouteux plus ou moins végétalisés en fonction de son débit. Sur un dessin du pont réalisé par Guillaume Marie Delorme en 1760 (fig. 4), la rivière s'écoulait à l'ouest de son cours actuel par l'intermédiaire de deux chenaux actifs et son lit majeur pouvait atteindre approximativement 70 m de large (Burdy 2015).

Cette fouille archéologique, première du genre sur les vestiges du pont de Beaunant, consistait à effectuer un terrassement dans les limites de l'emprise du projet d'aménagement de la rivière. Cela a permis de mettre au jour les vestiges de la fondation de la pile 17, située à l'ouest, et de mettre plus amplement en évidence la maçonnerie des piles 18 et 19 (fig. 5), tout en révélant un nombre considérable de fragments effondrés du pont.

Le caractère exceptionnel de cette opération réside dans deux découvertes inédites. La première est la mise au jour d'un coffrage en bois employé pour la construction du massif de fondation de la pile 18, qui, au-delà des données techniques, a permis d'établir une datation par l'intermédiaire d'analyses dendrochronologiques (Blondel, Baldassari, dans ce volume). La seconde montre une technique de construction qui n'était jusqu'alors attestée dans les ouvrages sur l'aqueduc du Gier qu'au travers de son évocation par Alexandre Flachéron au XIX^e s. (Flachéron 1840), avec la mise en œuvre d'un assemblage de blocs de pierre taillés en grand appareil dans le soubassement des élévations des piles 17 et 19. La présence d'un vaste radier entre les piles 18 et 19 corrélée aux données du contexte géomorphologique et au caractère original des matériaux et des procédés de construction incite à s'interroger sur la question du tracé antique de la rivière et sur les modalités de son franchissement.

3. <http://www.hydro.eaufrance.fr/>

LA PILE 18

La fondation maçonnée de la pile 18 se situe dans l'axe du lit actuel de la rivière (fig. 5). Elle est conservée intégralement jusqu'à son arase dont l'apparition cote à 175,01 m NGF. Bien que soumise au flux de l'Yzeron depuis plus de 40 ans, elle a remarquablement bien résisté à l'usure de l'eau. Ce massif de fondations mesure 7,60 m de long dans le sens transversal du pont, 3,25 m de large dans le sens longitudinal et 3,44 m de profondeur. La cote inférieure de la pile a été atteinte à 171,57 m NGF dans le sondage profond (SD3) ouvert contre le côté sud de la pile.

CONTEXTE STRATIGRAPHIQUE DE L'INSTALLATION DE LA PILE 18

La fouille de fondation de la pile 18 a été creusée dans les dépôts alluviaux de l'Yzeron. Un sondage (SD4) creusé contre le côté est a permis l'examen de ces dépôts sur 1 m de profondeur sous le radier F25 (voir *infra*). Ils se composent d'une succession de strates de granulométrie étendue (argiles, sables, graviers et galets) mise en place par des courants très rapides à quasi nuls. Ce faciès sédimentaire atteste que la rivière s'écoulait probablement de ce côté de la vallée au début du I^{er} s. apr. J.-C.

LE COFFRAGE DE FONDATION

La maçonnerie de la pile a été construite à l'aide d'un coffrage installé dans le creusement de la fouille de fondation. Le coffrage se compose de planches en sapin disposées sur chant et sommairement clouées à des poteaux de la même essence grossièrement équarris. Il est attesté sur au moins deux côtés, au sud et à l'est (fig. 6, A). Les observations réalisées sur le terrain incitent à penser que ce coffrage était probablement appuyé contre les parois de la fosse de fondation sur trois de ses côtés. Le profil de la maçonnerie à l'est montre, en effet, un élargissement progressif du bas vers le haut de 3,15 à 3,40 m. En revanche, sur la face sud de la pile, le coffrage a été monté à la verticale et de manière régulière (fig. 6, A), invitant à imaginer que ce côté du creusement était peut-être ouvert et pourvu d'une rampe d'accès permettant de faciliter la mise en place du coffrage et l'apport de matériaux de construction.

Trois poteaux (1, 2 et 3) ont été dégagés sur le côté sud et un quatrième (4) au niveau de l'angle sud-est de la pile. Ils ont été débités et équarris sur brin, avec un outil tranchant (hache d'équarrissage ?). Malgré une érosion et une dégradation prononcée de certaines faces ou parties du poteau 3, plusieurs traces étaient nettement reconnaissables (fig. 7, A). Ces éléments verticaux, dont les extrémités n'étaient pas époutées, devaient être simplement posés dans le fond de la tranchée de fondation. Des empreintes d'outil très bien conservées, produites avec un outil tranchant similaire, ont également été observées sur l'extrémité du poteau 2 (fig. 7, B). Ces traces sont semblables à celles d'un bûchage, à moins qu'il ne s'agisse des marques consécutives à l'abattage de l'arbre. Seul le poteau 4, observé à l'angle sud-est de la pile, présentait un court tenon à son extrémité (fig. 7, C). L'absence de semelle ou de tout autre pièce de soubassement incite à penser que cette pièce pourrait avoir été réemployée.

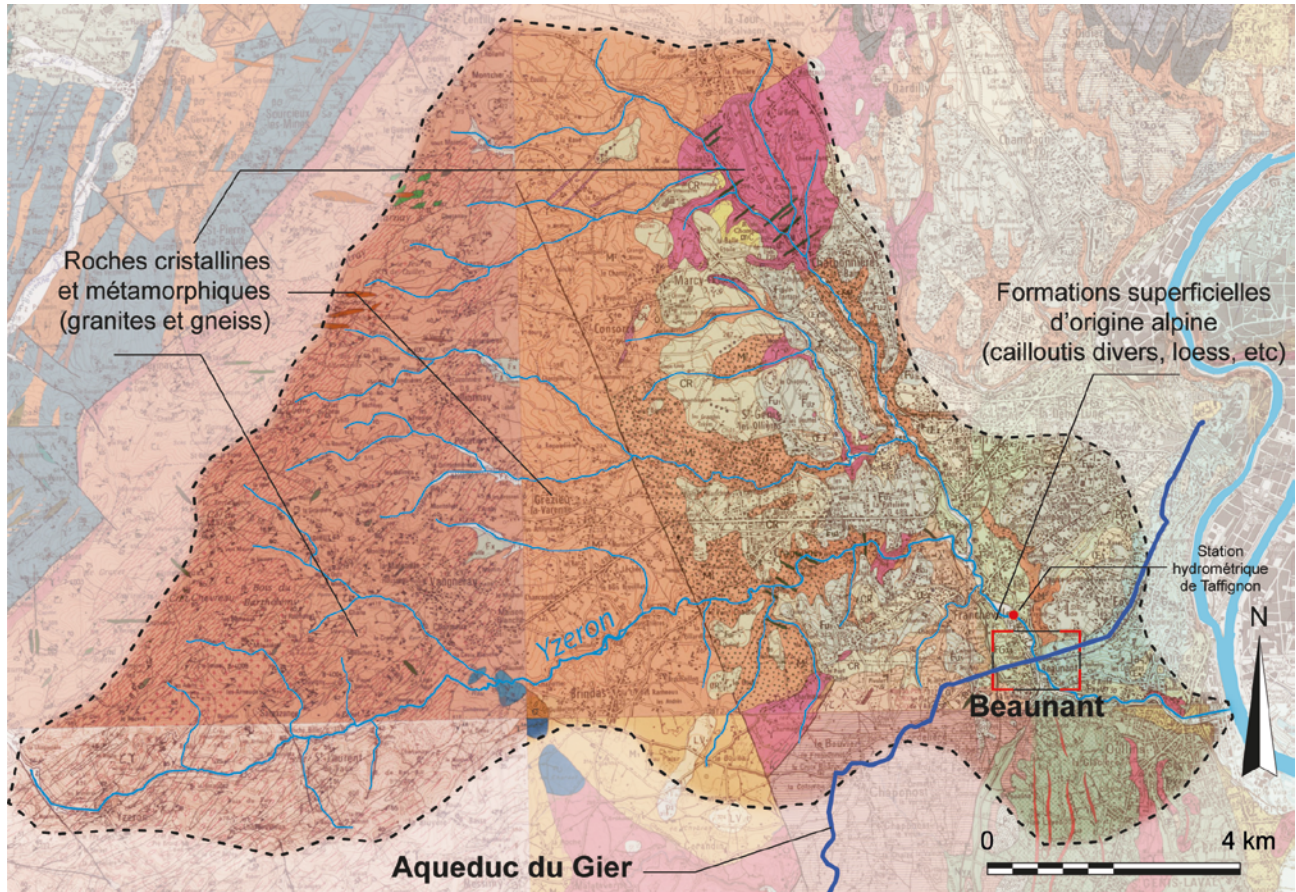


Fig. 3 – Réseau hydrographique et géologie du bassin versant de l'Yzeron (source : carte géologique imprimée 1/50 000, infoterre.brgm.fr; DAO: S. Gaillot, SAVL, D. Baldassari).

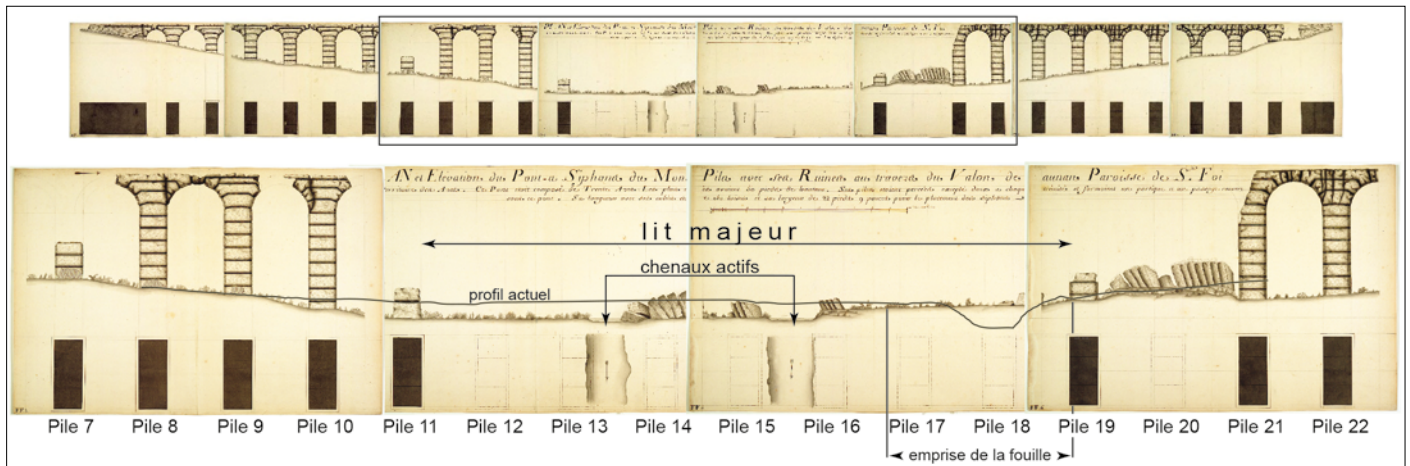


Fig. 4 – Le pont de Beaunant à Sainte-Foy-lès-Lyon vers 1760, d'après les dessins de G. M. Delorme (d'après Burdy 2015; profil actuel: MNT Grand Lyon, données LiDAR; DAO: S. Gaillot).

Cependant, à défaut d'une datation dendrochronologique de ce poteau (Blondel, Baldassari, dans ce volume), cette hypothèse ne peut être confirmée. Les dimensions des sections de ces poteaux sont relativement homogènes, malgré un état de conservation différent selon l'emplacement des tronçons prélevés. Ils mesuraient entre 13,40 et 14,50 cm de large pour 11 à 11,60 cm d'épaisseur. Les longueurs, variables selon l'état de conservation des poteaux, n'offrent malheureusement pas un critère d'appréciation objectif.

L'évaluation de la position des sections de poteaux équarris dans les troncs de sapin permet d'estimer le calibre des arbres exploités entre 16,50 et 20 cm de diamètre (fig. 8). L'analyse dendrochronologique (Blondel, Baldassari, dans ce volume) couplée à l'estimation de ces calibres permet de percevoir l'exploitation uniquement de jeunes sapins. En effet, ces arbres comptent entre 16 et 40 cernes, dont l'accroissement moyen, compris entre 2,22 et 5,11 mm par année, est représentatif d'une croissance rapide.

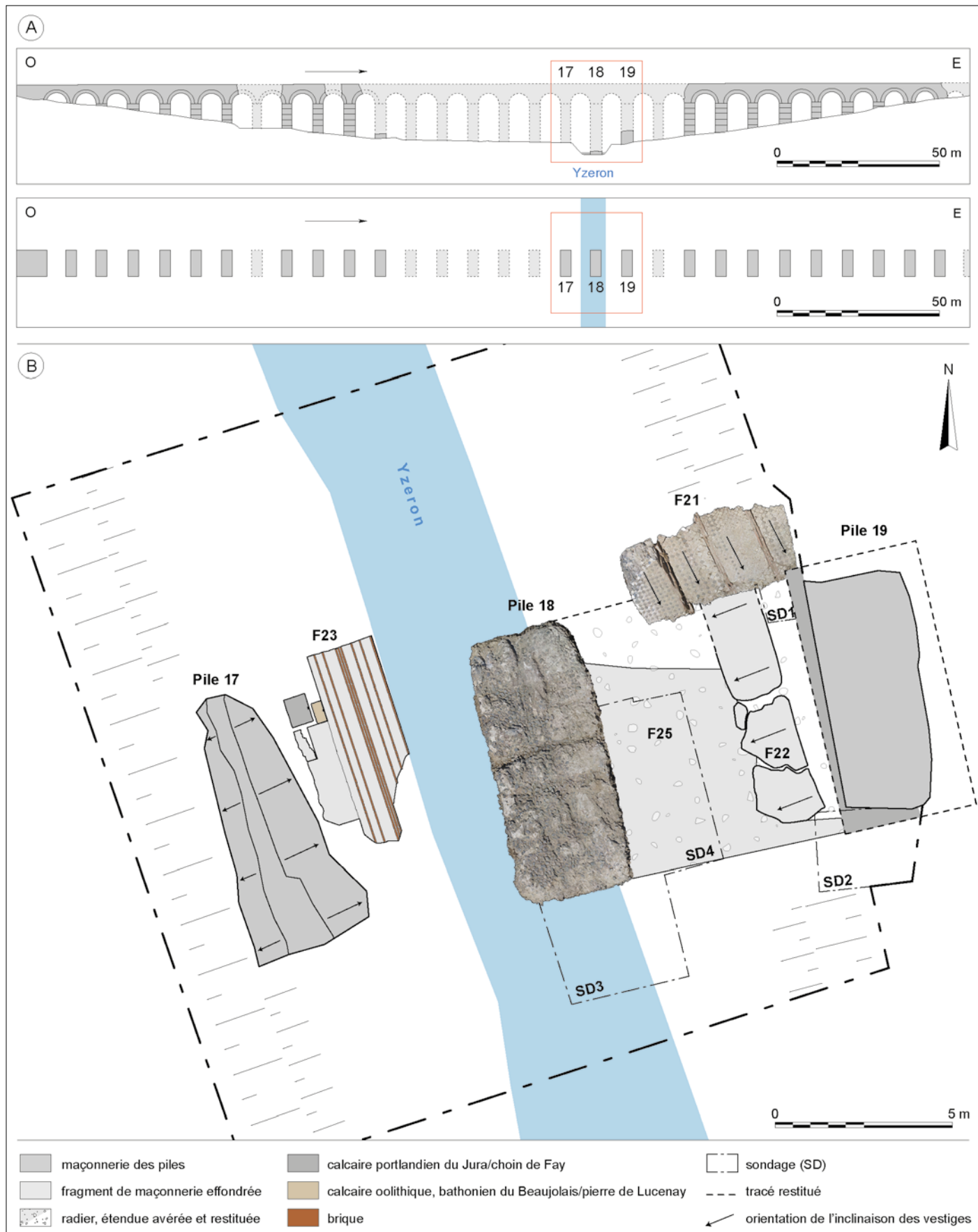


Fig. 5 – Le pont de Beaunant à Sainte-Foy-lès-Lyon: **A**, localisation des piles 17, 18 et 19 sur un croquis du pont vu de profil et en plan; **B**, plan des vestiges (d'après Burdy 1996, p. 160; DAO: D. Baldassari).

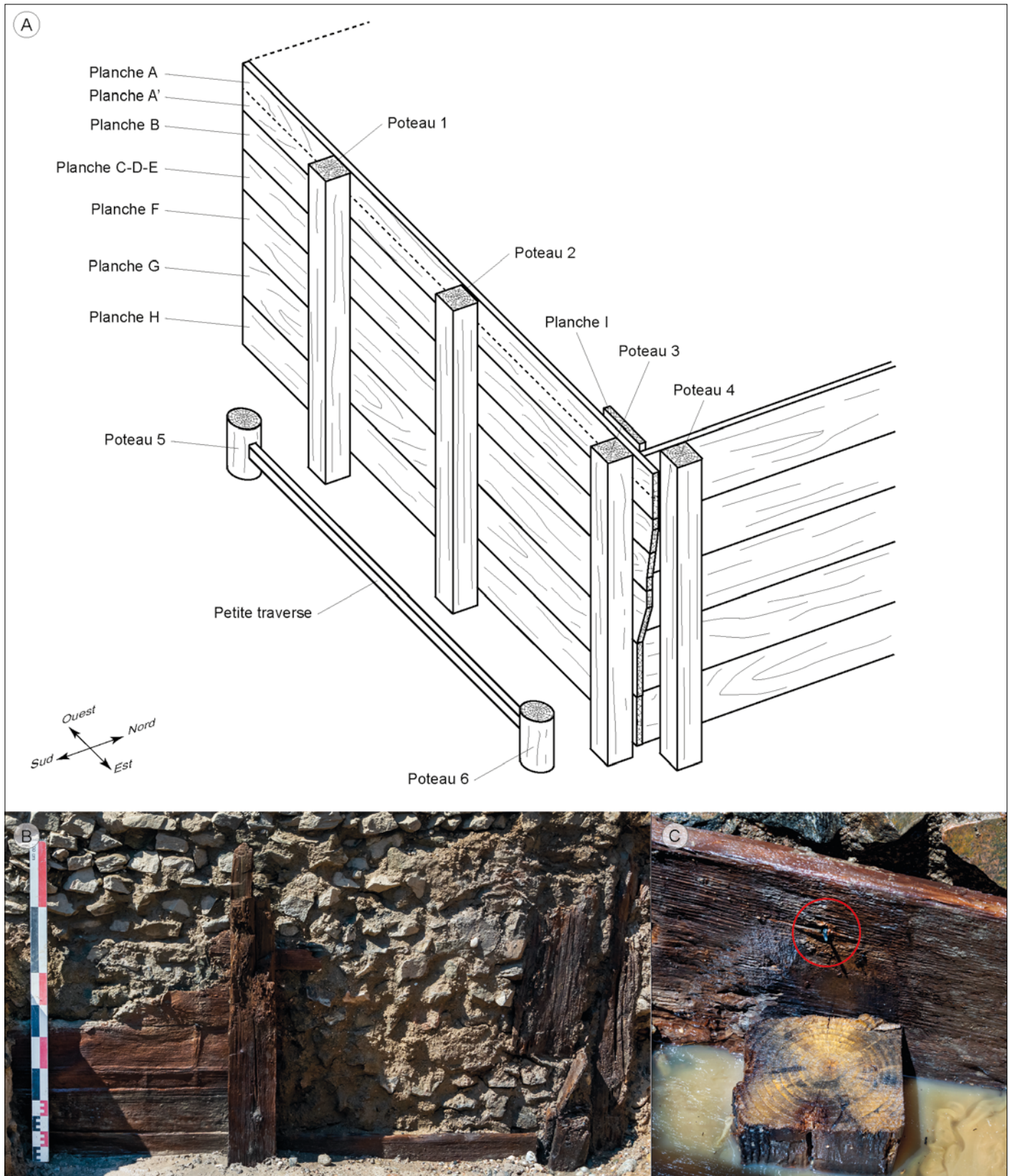


Fig. 6 – Coffrage de fondation de la pile 18 du pont-siphon de Beaunant à Sainte-Foy-lès-Lyon : **A**, schéma de principe du coffrage de fondation de la pile 18 avec différenciation des bois conservés et étudiés ; **B**, vue de la paroi sud du coffrage en cours de dégagement ; **C**, détail d'un clou dans la planche F fixée au poteau 1. Trois éléments C, D et E ont été identifiés séparément sur le terrain, avant d'être identifiés comme appartenant finalement à une seule et même planche nommée C-D-E (DAO: F. Blondel, C-CIA, UNIGE; clichés: D. Baldassari).



Fig. 7 – Vestiges de poteaux découverts dans le coffrage de fondation de la pile 18 du pont-siphon de Beaunant à Sainte-Foy-lès-Lyon : **A**, traces d'outil (hache d'équarrissage?) sur l'une des faces du poteau 3; **B**, traits de coupe à la hache (bûchage?) sur l'extrémité inférieure du poteau 2; **C**, détail d'un court tenon sur l'extrémité inférieure du poteau 4, attestant d'un possible emploi; **D**, traces de sciage de long identifiées sur un nœud de la planche F; **E**, poteau circulaire 5 avec le fragment d'une traverse insérée à vif dans une mortaise; **F**, poteau circulaire 6 creusé d'une mortaise identique à celle du poteau 5 (clichés : F. Blondel).

Les planches étaient disposées sur chant à joint vif et sommairement clouées contre les poteaux par l'intérieur (fig. 6, B) : un clou encore en place est attesté sur la planche H et deux trous de clous ont été observés sur les poteaux 1 et 2. Les planches étaient ainsi maintenues succinctement jusqu'à leur compression contre les

poteaux avec la mise en place de la maçonnerie. Il est également probable que, sur le côté sud, la paroi du coffrage ait été montée au fur et à mesure de l'avancée des travaux. Les planches étaient toutes débitées sur dosse par sciage, comme le démontrent les seules traces d'outils préservées sur les nœuds du bois (fig. 7, D),

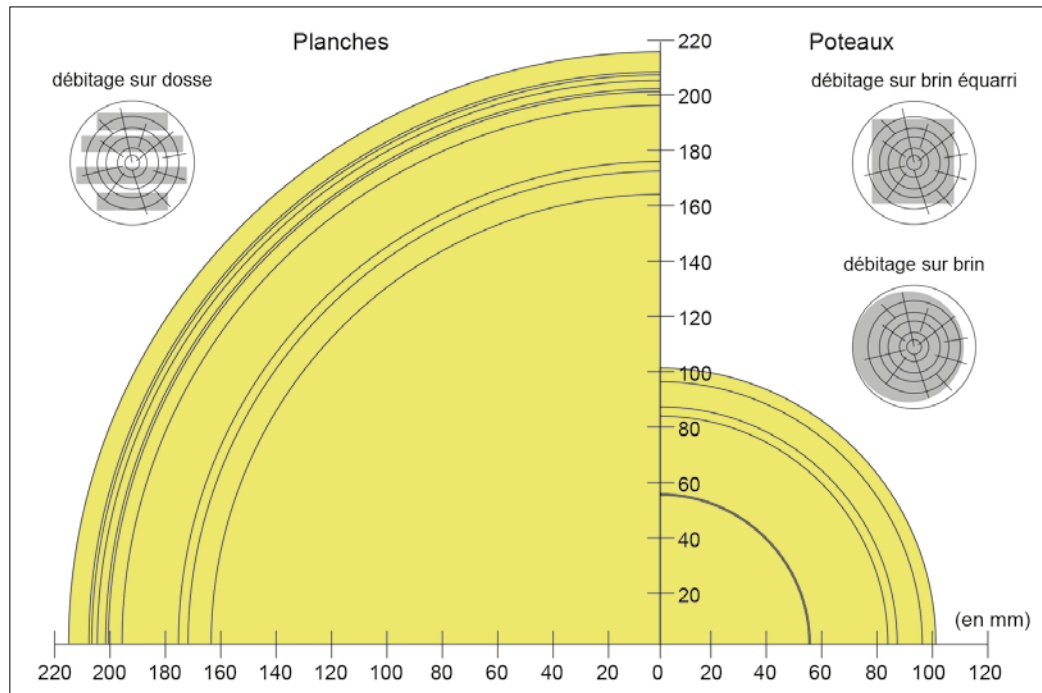


Fig. 8 – Comparaison des différents sapins exploités pour la confection des planches et des poteaux équarris ou circulaires du coffrage de la pile 18 du pont-siphon de Beaunant à Sainte-Foy-lès-Lyon (DAO: F. Blondel).

ces derniers, plus denses, étant généralement mieux conservés. Aucune autre trace d'outil n'a cependant été reconnue. Le pas de scie, relativement peu régulier et divergent, pourrait avoir été produit par un sciage de long. Les épaisseurs des planches, prises systématiquement au niveau des nœuds, sont relativement similaires, oscillant entre 2,50 et 2,70 cm. Ces épaisseurs sont fréquemment rencontrées, notamment en Auvergne où un corpus important de planches en sapin a été étudié (Blondel 2018, p. 256-258). Il faut donc envisager une certaine standardisation dans leur mode de débitage. Les largeurs sont, en revanche, plus hétérogènes, s'échelonnant de 14,50 à 36,60 cm. L'estimation du calibre des sapins exploités, à partir de la localisation des planches dans le tronc et de la convergence des rayons ligneux, s'échelonne de façon relativement constante entre 32,70 et 42,80 cm (Blondel, Girardclos 2018 ; Blondel *et al.* 2020) (fig. 8). En raison de leur calibre plus important, les planches sont issues de sapins plus vieux que ceux sélectionnés pour les poteaux (Blondel, Baldassari, dans ce volume). Bien qu'une partie des cernes ait disparu avec le façonnage des planches, leur épaisseur moyenne varie de 2,65 à 4,37 mm par année de croissance. Il s'agit certes d'individus plus âgés et de diamètre plus important que ceux sélectionnés pour les poteaux, mais tous présentent des croissances rapides.

Deux poteaux issus de brins de sapin non équarris ont été mis au jour au sud à quelques dizaines de centimètres en avant du coffrage. La remontée incessante de l'eau à cet endroit et à cette profondeur de la fouille n'a pas permis de localiser l'un d'eux précisément. Il s'agit seulement de tronçons de poteaux dans un état inégal, dont les extrémités n'étaient pas préservées. À l'ouest, le poteau 5, situé sensiblement dans l'axe du poteau 1, mesurait 10,90 cm de section et disposait d'une mortaise de 4,80 cm de haut, 2,50 cm de large et 5 cm de profondeur, creusée sur un aplat du poteau et dans laquelle était insérée à vif le fragment d'une traverse en sapin (fig. 7, E). Le second poteau, localisé

approximativement à l'est, possédait une section équivalente de 10,80 cm et le trou d'une mortaise aux dimensions parfaitement identiques (fig. 7, F). Ces caractéristiques communes incitent à penser que ces deux poteaux fonctionnaient ensemble, solidarisés par cette même traverse, mais la fonction de ce dispositif est cependant difficile à interpréter. Si la traverse participait à la structuration de cet assemblage, elle était toutefois de section trop réduite pour avoir exercé un rôle de maintien ou de soutien. Ces éléments appartenaient peut-être à un échafaudage ou à un système de contreventement de la paroi méridionale du coffrage. La datation obtenue sur le poteau 5, la seule de l'ensemble des poteaux (Blondel, Baldassari, dans ce volume), atteste qu'il était contemporain des autres bois du coffrage. De plus, la présence de ce système renforce l'hypothèse d'une rampe permettant d'atteindre aisément la partie basse de la fouille de fondation par l'aval au début du chantier de construction.

Cette découverte est sans égale : l'emploi d'un coffrage pour la fondation des piles appartenant à des ouvrages d'art de l'aqueduc du Gier ou à d'autres aqueducs n'a jamais été attesté, probablement en raison de la fréquente dégradation du bois et de la rareté des fouilles au niveau de ces substructions. Par conséquent, il est difficile de déterminer si ce procédé était courant. La mise en place d'un caisson de ce type pour l'édification du massif de fondation de la pile 18 a peut-être été justifiée pour de multiples raisons, auxquelles l'implantation de la pile dans le lit de la rivière n'est probablement pas étrangère. Ce coffrage était certainement destiné à maintenir les parois de la fouille de fondation creusée dans des dépôts alluviaux meubles et instables – toute autre solution aurait impliqué un creusement aussi large que profond pour contrecarrer les risques d'éboulements –, mais aussi, bien que le chantier de construction ait pu se dérouler à l'étiage de la rivière, à faire barrière à l'infiltration d'eaux souterraines dont la circulation est inévitable à cette profondeur dans ce faciès sédimentaire.

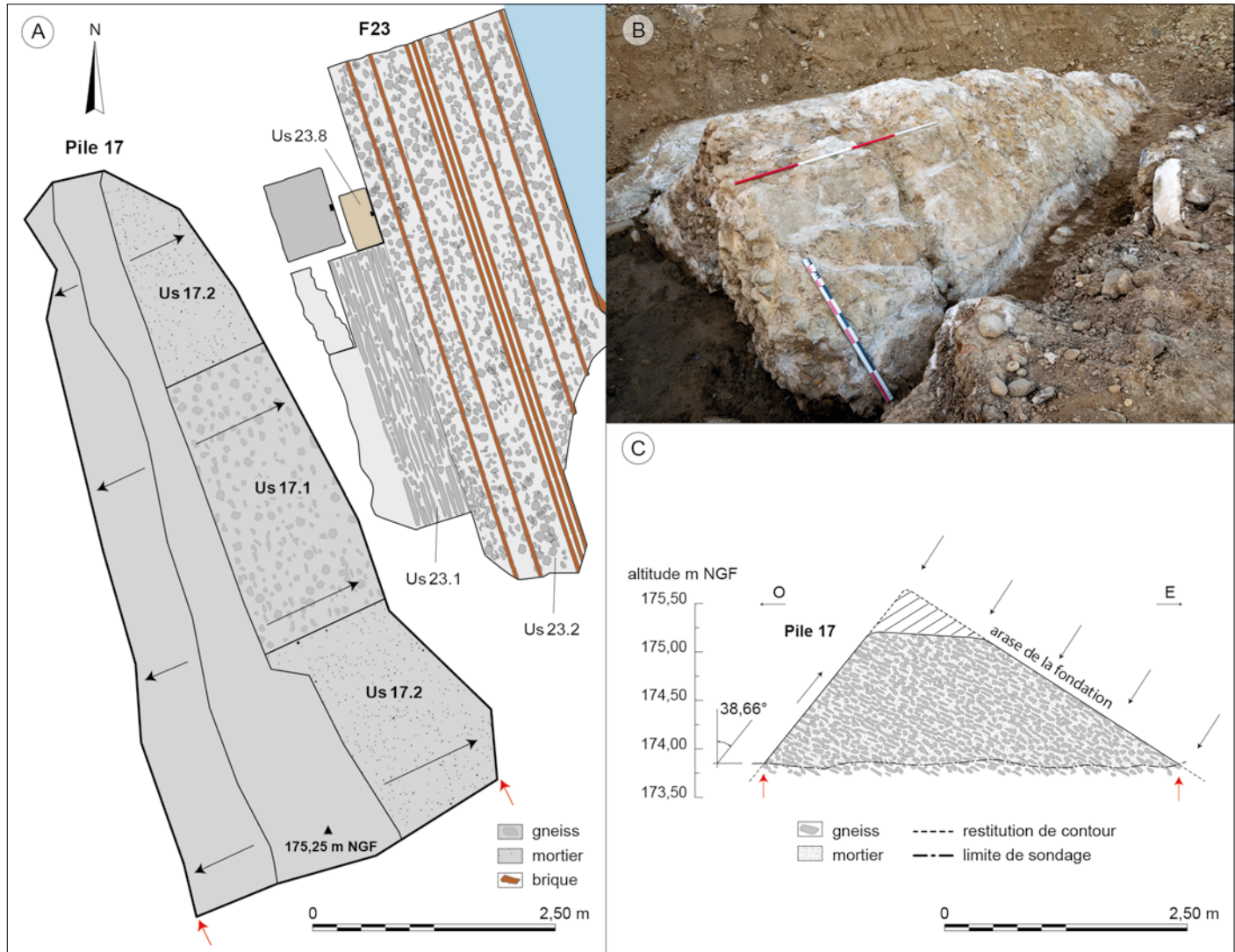


Fig. 9 – Pile 17 du pont-siphon de Beaunant à Sainte-Foy-lès-Lyon: A, détail du plan de la pile et du fragment de maçonnerie effondré F23; B, vue vers le nord-ouest du massif de fondation; C, profil du massif de fondation (cliché et DAO: D. Baldassari).

L'absence de découvertes comparables impose d'étendre la comparaison à d'autres constructions pour lesquelles des techniques similaires ont été employées. Ce type de caisson pourrait, par exemple, être rapproché de celui de la pile 3 du pont antique de Chalon-sur-Saône (Saône-et-Loire) dont l'armature était en chêne (Bonnamour 2011, p. 95-95). Cependant, l'analyse de ce caisson et de sa composition laisse envisager qu'il était destiné à l'aménagement d'une aire de travail étanche pour permettre d'ériger la pile au sec. La mise en place du caisson et ses modes d'assemblage faisant appel à des tenons mortaises, languettes, découpes d'onglet, superpositions de plusieurs épaisseurs de planche, etc., y sont beaucoup plus complexes que ceux du coffrage de la pile 18 à Beaunant.

Un parallèle concernant les techniques employées peut également être établi avec les parois de deux jetées aménagées pour la chenalisation d'un bras antique de l'Aude mis au jour sur les sites du Castérou et de Mondirac à Narbonne (Aude) (Wicha, Sanchez 2019, p. 81-83; Sanchez *et al.* 2020). Ces aménagements de berge, datés par dendrochronologie de la première moitié du 1^{er} s. apr. J.-C., se rapprochent de la mise en œuvre du coffrage de la pile 18. Ils étaient construits avec des poteaux équarris sur

brin de jeunes chênes habillés de planches, en sapin pour la plupart d'entre elles, disposées à clin ou à joint vif et également clouées aux poteaux.

LA FONDATION

La maçonnerie de la fondation est constituée d'un blocage de moellons noyés dans un mortier de chaux très dur de couleur blanche agrégeant essentiellement du sable et, dans une moindre mesure, des graviers et des petits galets. À l'instar de la fondation de la pile 17, les moellons employés sont bruts de taille, de petites dimensions et constitués de roches d'extraction locale, majoritairement du gneiss et ponctuellement du granite. Ils étaient noyés dans le mortier en couches successives plus ou moins régulières dont l'effet de litage est visible sur les côtés de la fondation. Le haut de la maçonnerie, bien que dégradé, conservait ponctuellement des petites surfaces où le mortier, en surépaisseur, était grossièrement égalisé, probables vestiges de l'arase sommitale de la fondation.



Fig. 10 – Fragment de maçonnerie effondré F23 de la pile 17 du pont-siphon de Beaunant à Sainte-Foy-lès-Lyon : **A**, vue vers l'ouest du fragment ; **B**, blocs de grand appareils solidaires de la maçonnerie ; **C**, lit d'attente d'un bloc de grand appareil en choin de Fay découvert à proximité de la pile 17 et du fragment F23 (clichés : D. Baldassari).

LA PILE 17

À l'ouest de l'emprise, sur la rive droite de la rivière, la maçonnerie de fondation de la pile 17 a probablement basculé vers l'est, entraînée par l'effondrement de l'élévation de la pile (fig. 9). Le vestige de la pile a été dégagé dans l'intégralité de sa longueur, soit 7,70 m du nord au sud. Compte tenu de son enfouissement, il n'a pas été possible de mettre en évidence la totalité de sa largeur.

LA FONDATION

Le blocage de maçonnerie (Us 17.1) de la pile était composé de moellons noyés dans un mortier de chaux très dur (voir *infra*). Les moellons bruts de taille et de petites dimensions (5 à 16 cm de côté et 3 à 10 cm d'épaisseur) se composaient de roches d'extraction locale, majoritairement du gneiss et ponctuellement du granite. Ces matériaux ont été posés en lits successifs bien visibles sur le côté sud partiellement dégagé.

Au sommet du blocage, des moellons apparents étaient soigneusement enfoncés et noyés dans le mortier, donnant ainsi l'effet d'une arase régulière. Cette partie, d'environ 2,90 m de long, était encadrée par deux lits d'attente constitués d'une semelle de mortier de chaux (Us 17.2) d'environ 10 cm d'épaisseur maximum et posée à partir des extrémités sud et nord de l'arase de la pile, sur une longueur approximative de 2,40 m vers le centre. Le mortier égalisé et, semble-t-il, lissé ne comportait ni négatifs ni traces de quelconques arrachements. Pour autant, la singularité de cette arase trouve un écho très net dans la structure du fragment de maçonnerie effondrée (F23) se situant immédiatement à l'est de la pile (fig. 9).

LE FRAGMENT EFFONDRE F23

Le fragment F23 mesurait 5,60 m de long et environ 2 m de large (fig. 10, A). Il comprenait plusieurs blocs de grand appareil et deux blocages de maçonnerie constitués différemment. Les observations réalisées *in situ* et après déplacement de ce fragment hors

de l'emprise de fouille permettent de proposer une restitution de l'amorce de l'élévation de la pile 17. Celle-ci possédait un soubassement constitué de deux massifs d'*opus quadratum* liaisonnés en parement et ceinturant un noyau maçonné, surmonté du blocage de maçonnerie de l'élévation. Quatre blocs en grand appareil étaient solidaires de ce fragment (fig. 10, B). Un bloc (Us 23.8) était posé en boutisse dans l'assemblage de l'appareil rectangulaire et mesurait 1,92 m de long, 0,70 m de large et 0,36 m d'épaisseur. Les autres blocs mesuraient entre 0,83 et 1 m de long, 0,46 m de large et entre 0,38 et 0,64 m d'épaisseur. Quatre autres blocs isolés ont été retrouvés à proximité. Ces blocs mesuraient de 1,23 à 1,39 m de long, de 0,50 à 1,18 m de large et de 0,40 à 0,72 m d'épaisseur (fig. 10, C).

Ces blocs ont été taillés dans du calcaire portlandien du Bugey (choin de Fay) et dans du calcaire bathonien du Beaujolais (pierre de Lucenay) (voir *infra*). Leur épaisseur est propre à la nature et au faciès géologique de chacune de ces roches : 0,70 m d'épaisseur en moyenne pour les blocs de choin de Fay contre 0,40 m pour ceux de pierre de Lucenay. Des traces d'outils de taille étaient visibles sur plusieurs blocs. Des traces de pic ou smille ont notamment été reconnues sur les faces de joints de deux blocs de choin de Fay. Six de ces blocs comportaient des trous creusés, la plupart du temps, sur leurs lits d'attente, mais aussi sur leur lit de pose : trous de louve, trous de levier ou de pince pour l'ajustement, trous de logement de crampons et, sur certains blocs, trous de goujons pour les solidariser entre eux. Cinq blocs conservaient en place des crampons en fer et/ou le plomb de leur scellement.

D'après les éléments conservés en position secondaire et les données collectées sur le terrain, les massifs terminaux de ce soubassement mesuraient 2,20 m de long, 3,05 m de large et 0,90 m de haut, et l'assemblage des blocs intermédiaires positionnés en parement 0,75 m de large (fig. 11). Les blocs étaient assemblés à joints vifs et solidarisés horizontalement par des crampons métalliques en fer en forme de griffe avec des tenons verticaux à chaque extrémité scellés sur leur lit d'attente et, dans certains cas, par des goujons verticaux. Le blocage de maçonnerie Us 23.1, établi au cœur du soubassement et ceinturé par les blocs de l'*opus quadratum*, mesurait 2,90 m de long, 1,60 m de large et 0,90 m de haut. Il était majoritairement constitué de moellons et de grandes dalles de gneiss brutes pouvant atteindre 0,60 à 0,70 m de long et 6 à 10 cm d'épaisseur, disposés à plat en assises irrégulières et liés avec du mortier de chaux employé en joints épais.

L'élévation dressée au-dessus de ce soubassement était constituée d'un blocage de maçonnerie (Us 23.2) dans lequel se succédaient des arases, simples ou triples, de briques *bipedales* ou de fragments de briques. Le blocage était composé essentiellement de petits moellons de gneiss bruts posés sans aucune organisation spécifique, liés et noyés dans un mortier de chaux employé en joint épais. Les arases de briques étaient disposées selon des écarts variant de 0,20 à 0,34 m de hauteur. Aucun élément conservé n'a permis d'appréhender la manière dont était constitué l'appareil du parement de cette pile, bien que l'on puisse raisonnablement présumer qu'il s'agissait d'*opus reticulatum*.

LA PILE 19

Sur la rive gauche, la pile 19 est conservée sur 6 m d'élévation et culmine à 181,02 m NGF (fig. 12, A). Ses parements nord, est et sud sont dégradés et de fait, elle mesure 6,70 m de long dans le

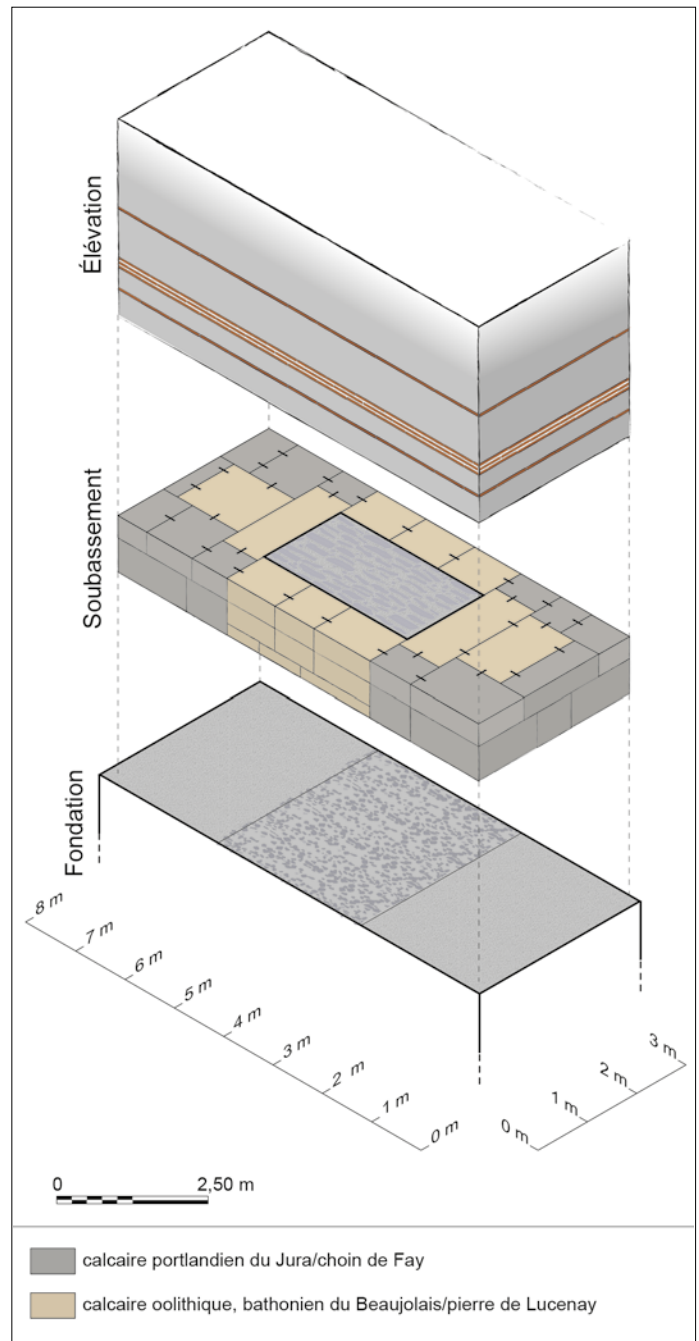


Fig. 11 – Proposition de restitution du soubassement de la pile 17 du pont-siphon de Beaunant à Sainte-Foy-lès-Lyon (DAO: D. Baldassari).

sens transversal du pont et 2,70 m de large dans le sens longitudinal. Il s'agit d'une pile aux maçonneries pleines dont subsistent le soubassement en blocs de grand appareil de choin de Fay et trois épaulées pourvues d'un parement en *opus reticulatum*, séparées par deux arases de briques *bipedales*.

L'examen de la pile 19 a pu être mis en œuvre par l'intermédiaire de deux sondages (SD1 et SD2) situés au nord et au sud de la pile (fig. 5). Ces sondages ont été limités en surface et en profondeur en raison de la présence d'un gros fragment de voûte (F22) effondré au bas de la pile et en application du principe de précaution à l'égard de la stabilité de la pile.



Fig. 12 – Pile 19 du pont-siphon de Beaunant à Sainte-Foy-lès-Lyon: **A**, vue vers l'est de la pile; **B**, vue vers l'est du soubassement dans le sondage SD1; **C**, vue vers le nord des blocs conservés à l'angle sud-ouest de la pile dans et à proximité du sondage SD2 (cliché A: Actuadrone; clichés B et C: D. Baldassari).

LA FONDATION

Compte tenu des contraintes exposées et des précautions prises, la fondation de la pile n'a pas pu faire l'objet d'un examen approfondi. Elle a cependant été aperçue à la base du sondage SD2, sous le bloc de la première assise du soubassement. L'aspect de la maçonnerie y était similaire à celle des piles 17 et 18.

LE SOUBASSEMENT

Bien qu'il ait été en grande partie masqué par le fragment de voûte effondré, les données acquises permettent d'estimer que le soubassement mesurait 7,65 m de longueur nord-sud et une largeur restituable de 3,35 m. Il comportait trois assises de blocs de grand appareil de choin de Fay d'une hauteur totale de 2,10 m (fig. 13). Sept

blocs, dont un en position secondaire, ont pu être examinés. Ceux dont les cotes complètes ont pu être relevées mesuraient entre 1,04 et 1,36 m de long, 0,70 à 0,78 m de large et 0,56 à 0,72 m d'épaisseur.

Les blocs étaient assemblés à joints vifs et solidarisés par des crampons et/ou des goujons scellés au plomb dans des trous creusés sur les lits d'attente. La technique est attestée par une coulure de plomb plaquée à la surface d'un bloc ainsi que par les nombreux trous de logement découverts sur les lits d'attente des blocs. Sur les côtés ouest et sud de la pile, la plupart des blocs de la dernière assise étaient absents, à l'exception d'un bloc en position secondaire au sud (fig. 12, C) et d'un autre en position initiale au nord (fig. 12, B). Ce dernier était incomplet et partiellement brisé, comportant de nombreuses arêtes de fragmentation. Son état pourrait suggérer que la pile a pu faire l'objet d'une récupération de matériaux (fer, plomb et blocs de calcaire) à une époque indéterminée, mais postérieure à l'abandon de l'aqueduc. Le cœur du soubassement

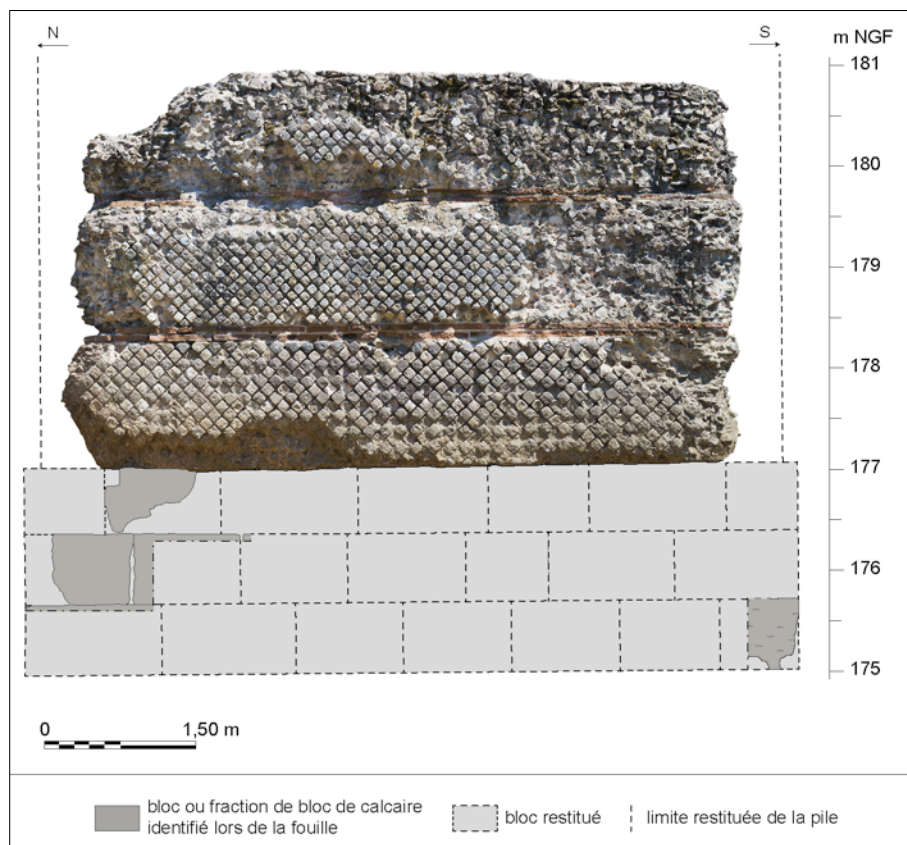


Fig. 13 – Proposition de restitution du soubassement de la pile 19 du pont-siphon de Beaunant à Sainte-Foy-lès-Lyon (DAO: D. Baldassari).

était également établi avec des blocs de taille en grand appareil. Un petit sondage, pratiqué sous la première épaulée a permis d'atteindre deux blocs de pierre de Lucenay à 0,60 et 0,70 m en retrait du parement, permettant ainsi d'estimer et de vérifier que le cœur du soubassement était également en *opus quadratum*.

L'ÉLEVATION

Les trois épaulées conservées mesurent respectivement 1,18 m, 1,21 m et 1,25 m. Elles sont constituées d'un blocage interne comprenant majoritairement des petits moellons de gneiss de 0,10 à 0,15 m de côté, de nombreux fragments de briques et, plus rarement, des éclats de granite et de pierre de Lucenay noyés dans un mortier de chaux blanc très dur (voir *infra*). Les parements sont dressés en *opus reticulatum* avec des moellons de réticulé de 10 cm de côté en moyenne pour l'épaulée inférieure et de 8 cm de côté en moyenne pour les épaulées supérieures. Les deux épaulées complètes comprennent 14 assises de moellons carrés et deux de moellons triangulaires au contact des arases de briques. Les moellons y sont disposés en damier noir et blanc dont la bichromie est obtenue par l'emploi du granite et du gneiss pour les roches sombres et de la pierre de Lucenay et/ou du calcaire bajocien du mont d'Or (ciret) pour les roches claires. Les arases de briques établies entre les épaulées sont composées de deux rangs de briques *bipedales* de 5 cm d'épaisseur et de 0,62 m de long en moyenne (voir *infra*). Deux particularités sont décelables dans l'état de la pile 19. Tout d'abord, le réglage de la construction est imparfait :

une inclinaison négative d'environ 8 cm vers le nord se répercute vers le haut à partir de la première assise du soubassement jusqu'au sommet de la seconde arase de briques. L'aplomb de l'ouvrage semble, en revanche, ne pas être affecté par cette inclinaison, car, bien que les chaînages d'angles aient disparu, celui-ci est généralement respecté dans l'ajustement des moellons de l'appareil réticulé.

La seconde particularité apparaît dans la comparaison du plan compilant les données planimétriques acquises lors de l'opération et du plan topographique de l'ensemble du pont (Motte 2011 ; Baldassari 2019). Les seules données enregistrées lors de la fouille montrent que l'élévation maçonnée de la pile est désaxée d'environ 3° vers l'est par rapport à l'orientation du soubassement. La confrontation au plan topographique du pont fait apparaître que le soubassement possède une orientation semblable à l'ensemble des piles du pont. Bien que le désaxement de l'élévation soit manifeste, cette démonstration empirique pourrait être approfondie par des mesures plus fines appliquées à l'ensemble du pont.

LE RADIER F25

Un radier est installé entre les piles 18 et 19 (fig. 14), entre 0,16 et 0,41 m sous l'arase de la fondation de la pile 18. Sa limite méridionale s'aligne avec le petit côté de la pile 18 à l'ouest et l'axe du bloc de la première assise du soubassement de la pile 19 à l'est. Sa limite septentrionale, qui n'a pas pu être examinée, s'alignait probablement sur l'extrémité de la fondation. Ce radier



Fig. 14 – Vue vers le sud du radier F25 du pont-siphon de Beaunant à Sainte-Foy-lès-Lyon (cliché : D. Baldassari).

mesure 6,20 m de long dans le sens longitudinal du pont, 7,60 m de large et approximativement 0,40 m d'épaisseur. Il est constitué de moellons bruts de gneiss (d'environ 0,20 à 0,30 m de long et 0,10 à 0,15 m d'épaisseur) disposés sans organisation définie, mais le plus souvent à plat, et liés en joints épais avec un mortier de chaux blanc très compact. La maçonnerie du radier s'appuie à l'ouest contre le coffrage en bois de la fondation de la pile 18. À l'est, l'observation ponctuelle réalisée à la base du sondage SD2 montre que le radier s'appuie également contre le blocage de fondation de la pile 19.

Sa construction sur les alluvions de la rivière incite à penser que ce radier était peut-être destiné à stabiliser le fond caillouteux de la rivière entre les piles 18 et 19, de sorte de faciliter l'écoulement de l'eau ou de contrecarrer l'affouillement au bas des piles. La surface du radier était recouverte par des alluvions limono-argileuses fines témoignant que le chenal principal du cours d'eau, caillouteux, était éloigné au moment de leur dépôt. Enfin, ces sédiments étaient scellés par les fragments de maçonnerie F21 et F22, dont la chute pourrait avoir eu lieu à une époque postérieure (voir *infra*, p. 182 et *sqq.*).

LES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

LES PIERRES DE CONSTRUCTION

Plusieurs roches d'origine locale et régionale ont été utilisées pour la construction des différentes parties de l'architecture des piles⁴. Le gneiss, roche métamorphique issue du substrat géologique local, a été privilégié pour la réalisation des maçonneries en *opus caementicium*, notamment pour les moellons de réticulé sombres dont l'alternance avec des moellons clairs participe à l'esthétique des parements. Le calcaire bajocien du mont d'Or (ciret), provenant du massif du même nom au nord de Lyon, est exclusivement employé pour les parements en *opus reticulatum*. Le calcaire bathonien oolithique du Beaujolais (pierres de Lucenay, de Pommiers, d'Anse), issu des collines du Beaujolais sur la rive droite de la Saône, apparaît sur les parements en *opus reticulatum* de

la pile 19, mais également sous la forme de blocs de grand appareil dans le soubassement de la pile 17. Le calcaire portlandien du Bugey (choin du Bugey, choin de Fay), dont les affleurements sont localisés de part et d'autre du cours du haut Rhône dans les départements de l'Ain et de l'Isère, est réservé aux blocs de taille de grand appareil du soubassement des piles 17 et 19.

Les calcaires issus de la vallée de la Saône, dans lesquels il était aisé de tailler des moellons, ont été employés de manière privilégiée pour l'habillage des parements des ouvrages situés sur le dernier tiers du parcours de l'aqueduc du Gier, à partir de la vallée du Garon. L'utilisation du calcaire oolithique du Beaujolais sous la forme de blocs de grand appareil n'est pas nouvelle, mais n'apparaissait jusqu'à présent que dans la construction d'édifices publics à Lyon, comme dans le premier état des thermes de la rue des Farges au milieu du 1^{er} s. apr. J.-C. (Savay-Guerraz, Desbat 1992). Le calcaire portlandien (choin de Fay), sans doute en raison de sa dureté et de l'éloignement des carrières, semble avoir été rarement utilisé pour la production de moellons. Absent des constructions antérieures au milieu du 1^{er} s. apr. J.-C. à Lyon comme à Vienne (Isère) (Clément, Savay-Guerraz 2018), il a ensuite été employé de manière prépondérante pour des monuments publics (soubassements, colonnes, gradins, etc.) et funéraires ou honorifiques.

LES BRIQUES

La mesure de la longueur des briques, effectuée sur 27 individus mis en œuvre en différents points de la pile 19 et du fragment de maçonnerie effondré F21, permet d'établir que tous les éléments mesurés correspondent à des briques d'un module de deux pieds de côté, soit à des briques *bipedales*⁵. Ces briques présentent une longueur comprise entre 58 et 63 cm, avec une moyenne de 61,40 cm (écart type 0,50 cm). Le pied employé pour la réalisation de ces briques se situe donc autour de 30,70 cm. Il est parfaitement identique à celui obtenu par Aldo Borlenghi sur un échantillon de 500 briques mesurées sur tout le tracé de l'aqueduc du Gier (Borlenghi 2005).

L'analyse macroscopique de cinq échantillons indique que ces briques ont été réalisées à partir d'une argile siliceuse, d'aspect fin, pouvant être sériée en deux groupes :

- type 1 : pâte siliceuse fine à moyenne, composée d'éléments quartzo-feldspathiques très grossiers, en très faible abondance, et fins et moyens en forte abondance. Sont présents des nodules de terre cuite, des fragments de roche et des nodules ferrugineux en forte abondance ;
- type 2 : pâte siliceuse fine, composée d'éléments quartzo-feldspathiques moyens à fins en forte abondance. Des nodules de terre cuite et des fragments de roche sont présents de façon anecdotique.

De manière générale, l'emploi d'une argile siliceuse fine s'est amorcé dans la colonie de Lyon à partir de la fin du 1^{er} s. apr. J.-C. (Clément 2016). Cet aspect caractéristique se décline en plusieurs groupes qui correspondent à des aires de production rassemblant un ou plusieurs ateliers. Les briques analysées sur le pont-siphon de Beaunant trouvent des comparaisons au sein même de la colonie de Lyon. Le premier groupe s'apparente aux pâtes B-3, caractérisées par la présence de nodules ferrugineux en abondance.

4. H. Savay-Guerraz in Baldassari 2019.

5. B. Clément in Baldassari 2019.

Elles sont observées dès la seconde moitié du 1^{er} s. apr. J.-C. et perdurent durant tout le 11^e s. Le deuxième groupe identifié à Sainte-Foy-lès-Lyon correspond, d'un point de vue macroscopique, au type B-4, qui caractérise les productions du 11^e s. apr. J.-C. et auquel appartiennent les briques estampillées «CLARIANUS» ou «CLARIANA» largement diffusées à Lyon à cette époque. Cette similitude fait écho à la brique estampillée «(C)LARIANUS» découverte dans la pile 9 du pont-siphon de Beaunant (Borlenghi 2003 ; 2018, p. 278-282).

LES MORTIERS DE CHAUX

D'après l'analyse macro et microscopique⁶ effectuée sur une vingtaine de prélèvements issus des diverses maçonneries mises au jour lors de la fouille (F18, F19, F21, F22 et F25), les mortiers employés dans ces différentes structures étaient de nature identique appartenant à un seul groupe. Il s'agit d'un mortier de chaux dur, contenant une forte proportion de sable fin à grossier et une proportion faible à moyenne de graviers dont la granulométrie est hétérogène. Ces derniers possèdent un faciès subanguleux et sont composés de gneiss et de granite rose. Le sable, de faciès similaire, est majoritairement constitué de grains de micaschiste et de quartz, ce qui suggère la même origine dérivée de gneiss et de granite rose. Des variations secondaires d'un échantillon à l'autre semblent correspondre à des ajustements ponctuels liés aux éléments mis en œuvre. Ainsi, le mortier utilisé dans les massifs de fondation semble présenter une proportion supérieure de charge grossière, adaptée à une maçonnerie constituée de litages grossiers de moellons irréguliers, incluant nécessairement des vides nombreux et importants à combler. L'origine du granulat semble locale, avec un sable probablement extrait dans les dépôts alluviaux de l'Yzeron et caractérisé par la présence de fragments issus de l'altération du socle cristallin du Massif central (Cailleux 1939).

DES CAUSES NATURELLES À LA DESTRUCTION DES TROIS PILES ?

DES PILES FONDÉES DANS DES ALLUVIONS

Les piles étudiées ne sont pas fondées sur le rocher mais dans les alluvions de la rivière, mécaniquement moins résistantes (Dewolf, Bourrié 2008). La cote inférieure de la pile 18 a, en effet, été atteinte à 171,57 m NGF. Or, les études géotechniques réalisées dans le secteur de Beaunant à l'occasion des travaux d'aménagement récents soulignent l'absence du soubassement rocheux sur au moins les dix premiers mètres de profondeur et la présence de graves sableuses et argilo-sableuses jusqu'à 169,10 m NGF dans un sondage à proximité immédiate de l'emprise de fouille. La nature du sous-sol a probablement été un facteur de fragilisation de l'ouvrage⁷.

6. B. Clément in Baldassari 2019.

7. À Lyon, le pont du Change, construit sur la Saône au cours du XI^e s. et définitivement détruit en 1974, offre *a contrario* l'exemple d'un édifice pluri-centenaire très stable, bien que plusieurs de ses piles aient été ancrées sur le socle rocheux (Reynaud *et al.* 2017).

UNE FRAGILISATION PRÉALABLE ?

L'action des agents météoriques pourrait également être en cause dans la fragilisation de l'ouvrage. L'éclatement des maçonneries sous l'effet de la gélifraction a pu, par exemple, s'exercer de manière accentuée durant le Petit Âge Glaciaire, période au cours de laquelle la région lyonnaise a été soumise à des températures extrêmement froides (Gaté, Rousset 1946 ; Marin *et al.* 2012). En janvier-février 1603, «le froid fut si aspre [...] qu'en plusieurs lieux l'on oyait les arbres esclatter, et les pierres et les marbres se fendre» (Rubys 1604). Des accumulations exceptionnelles de neige, atteignant jusqu'à 500 kg/m³ lorsqu'elle est tassée (Marbouty 1984), ont pu occasionnellement surcharger les voûtes. Le vent, dont des épisodes violents ont eu lieu, est également un facteur aggravant. La tempête de décembre 1498 «renversa et démolit de fond en comble plusieurs maisons et tours, tant dans la ville de Lyon qu'en Lyonnais et en Forez» (Guigue 1883). Enfin, la fouille a permis de mettre en lumière une érosion particulièrement prononcée des blocs de calcaire employés dans la construction du soubassement des piles 17 et 19. Ils présentaient, en effet, des cannelures et de profondes encoches vraisemblablement produites par la dissolution des carbonates de calcium au contact des eaux acides de la rivière issues d'un bassin versant majoritairement cristallin.

L'HYPOTHÈSE D'UNE CRUE

La rivière pourrait avoir provoqué l'effondrement du pont. En effet, seules les piles situées sur les versants du vallon ont été préservées alors que celles localisées dans le fond, proches des chenaux, avaient déjà disparu en 1760 (fig. 4). La position du fragment d'élévation F21, effondré vers l'amont, pourrait s'accorder avec l'effet d'une crue. Les parties basses des piles auraient alors subi une poussée vers l'aval engendrant un basculement et un effondrement de leur sommet vers l'amont. L'écroulement du pont a pu se produire entre 1547 et 1760 (fig. 4 et 15), soit durant le Petit Âge Glaciaire, caractérisé par une très forte activité hydro-sédimentaire (Bravard *et al.* 1997). Une débâcle glaciaire, phénomène bien attesté à Lyon (Marin *et al.* 2012), a pu occasionner des écoulements dont les contraintes sont décuplées par la combinaison de glace, d'eau, de sédiments et de végétation.

L'HYPOTHÈSE D'UN TREMBLEMENT DE TERRE

L'hypothèse d'un séisme, proposée par J. Burdy pour expliquer la destruction de cinq ponts sur la partie amont de l'aqueduc du Gier (Burdy 1996), n'est pas exclue. Bien que la commune de Sainte-Foy-lès-Lyon soit située dans une zone de faible aléa sismique⁸, les oscillations d'un séisme qui s'est produit au Teil (Ardèche) le 11 novembre 2019 ont pu être perçues jusque sur la commune⁹. Des événements de cette nature se sont déjà produits par le passé : à environ 20 km au sud, un séisme d'une intensité de 5,5 a également été

8. D'après la Carte de France des zones sismiques telle que donnée sur le site du ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires (<https://www.ecologie.gouv.fr/tremblements-terre-et-seismes-en-france>).

9. www.franceseisme.fr

attesté à Vienne en 463¹⁰ ; à Soucieu-en-Jarrest (Rhône), à 8 km au sud-ouest, l'écroulement de « plusieurs des masses énormes dont ces aqueducs sont construits » a été attribué à un tremblement de terre (Pernetti 1846). François Gabut (1890) rapporte, par ailleurs, les termes d'un procès du XIV^e s. opposant deux propriétaires réclamant la possession des décombres d'un aqueduc « tombés par accident à la suite d'un tremblement de terre ». Le lieu est mal localisé, mais pourrait se situer également dans les environs de Soucieu-en-Jarrest.

*
* *

Les quatre aqueducs qui desservait la colonie romaine de Lyon/*Lugdunum* ont suscité, depuis plusieurs siècles, l'intérêt successif des « antiquaires » de la Renaissance, des érudits, des savants et des chercheurs.

Au début des années 1990, le Service régional de l'archéologie de Rhône-Alpes intègre les quatre canaux à sa politique de conservation. Quelques années plus tard, une bande de protection continue de 50 m de large est insérée aux plans d'occupation des sols. (Coquidé, Macabéo 2010, p. 448)

Avec cette mesure et l'essor de l'archéologie préventive, près de 140 opérations ont été réalisées sur les quatre ouvrages, dont une cinquantaine sur l'aqueduc du Gier. Chacune de ces interventions a livré, parfois de manière inattendue, de nouvelles données particularisant plus encore chaque édifice et nourrissant de nouvelles problématiques. En revanche, les indices chronologiques sont souvent restés extrêmement rares (Coquidé, Macabéo 2010).

La fouille d'archéologie préventive menée sur trois piles du pont-siphon de Beaunant à Sainte-Foy-lès-Lyon a permis d'étoffer les données concernant son architecture et les techniques de construction employées en attestant la présence de soubassements en *opus quadratum* sur certaines piles. L'originalité de ces techniques et le choix des matériaux, en résonance avec le contexte géoarchéologique, ont offert la possibilité d'interroger la question du tracé de l'Yzeron à l'époque antique et, par extension, le rapport entre la rivière et l'effondrement du pont. La découverte inattendue d'un coffrage de fondation en bois, dont la mise en œuvre a probablement été justifiée par la présence de la rivière, a permis d'établir, par le biais de la dendrochronologie, une datation situant la période de construction de l'ouvrage au début du II^e s. apr. J.-C. (Blondel, Baldassari, dans ce volume).

Le pont antique est un édifice situé, tant au sens propre qu'au sens figuré, à l'interface de plusieurs domaines d'études : l'ingénierie et l'architecture, l'archéologie et la géomorphologie fluviale. (Allinne 2011, p. 501)

Bien que l'étendue de l'exploration stratigraphique offerte par cette fouille ait été limitée, l'approche géomorphologique a permis d'interroger plusieurs problématiques liées au contexte topographique d'implantation du pont comme à ses influences sur l'édifice. La situation du tracé ancien du cours d'eau a très certainement déterminé le choix de la construction des soubassements en *opus quadratum*, structurellement plus à même de résister aux « caprices » d'une rivière à régime hydrologique pluvial. Inversement, c'est peut-être l'effondrement massif du pont,



Fig. 15 – Représentation de l'aqueduc de Lyon et du pont-siphon de Beaunant dans la première moitié du XVI^e s. La rivière circule de part et d'autre de la pile centrale. Aucun élément ne permet cependant de déterminer si les piles représentées sont celles étudiées. Si c'était le cas et si le dessin était une représentation fidèle de la réalité, l'écroulement serait postérieur à 1547 et antérieur à 1760 (d'après Du Choul 1538-1547).

à une époque encore indéterminée, qui est à l'origine du déplacement du lit de la rivière vers l'ouest à l'emplacement qu'on lui connaissait avant les années 1970.

Les caractéristiques d'édifices tels que les ponts doivent, par principe, être en adéquation avec la situation topographique et le type d'obstacle à franchir, contraintes d'autant plus fortes s'agissant des monuments de l'eau comme les ponts-aqueducs ou les ponts-siphons (Mignon, Paillet 2011). Cependant, comme le souligne Cécile Allinne,

il n'y a [donc] pas de solution unique de pont pour un type de situation topographique, car en dehors des contraintes techniques, les facteurs économiques et technologiques entrent également en ligne de compte. [...] À ces considérations d'ordre pratique, il faut ajouter des considérations politiques, qui peuvent justifier des choix de construction indépendamment de la logique d'optimisation technique et économique de l'ouvrage. (Allinne 2011, p. 511)

10. <https://sisfrance.irsn.fr>

L'opus reticulatum appliqué à la totalité des ouvrages aériens de l'aqueduc du Gier est, à ce propos, éclairant. Considéré comme l'un des plus célèbres symboles de l'architecture romaine, l'appareil réticulé n'est pas seulement un choix esthétique. Même si elle est exigeante, sa mise en œuvre pouvait s'inscrire dans une chaîne opératoire dont la normalisation est proche de la « mécanisation ». Économique donc, l'*opus reticulatum* est également un choix politique. Les catégories de monuments, murailles et aqueducs pour lesquelles il fut employé dans le monde romain intégraient des composantes idéologiques et symboliques fortes, participant à la construction d'un paysage politique commun, d'une intégration collective au modèle diffusé par Rome, marqueurs de la romanité dans les campagnes et les territoires conquis (Dessales 2010, p. 495). Ces diverses considérations sont à l'origine de choix architecturaux multiples. Ainsi, l'économie de matériaux, peut-être tout autant que la recherche d'une certaine esthétique, est à l'origine de l'élégisement transversal des piles des ponts-siphons du Garon (Chanonpost, Rhône) et de Beaunant. Ce choix architectural était une erreur technique qui fut corrigée par le bouchage des évidements (Burdy 1996 ; 2006 ; Blanc, Danielou, dans ce volume).

L'emploi de blocs de grand appareil dans la construction des ponts-siphons de l'aqueduc du Gier avait été signalé dès le XIX^e s. par A. Flachéron (1840). La mise en évidence des soubassements des piles 17 et 19 confirme ces observations anciennes. Comme il a été exposé précédemment, l'usage de l'*opus quadratum* est sans nul doute lié aux contraintes que la rivière était susceptible

d'exercer. « Parmi les ouvrages qui associent grand et petit appareil, on observe que le grand appareil équipe les parties inférieures de la construction, qui sont le plus sollicitées par les eaux et les plus exposées à l'érosion » (Mignon, Paillet 2011, p. 552). C'est le cas, par exemple, pour le pont routier de Montrbrison-sur-Lez (Drôme), ou encore pour celui de Ganagobie (Alpes-de-Haute-Provence), qui « présente un cas unique où la base en *opus quadratum* des culées se prolonge en moyen appareil jusqu'à la base de l'arche, tandis que la partie supérieure de l'ouvrage, arche comprise, est édifiée en maçonnerie à parement en *opus vittatum* » (Mignon, Paillet 2011, p. 552). Dans certains cas, la mixité des techniques mises en œuvre résulte d'une économie de moyens : tel peut être le cas pour le pont-siphon de Beaunant si l'on considère, par exemple, l'éloignement de lieux d'approvisionnement en blocs de calcaire. Cependant, certains de ces calcaires, comme la pierre de Lucenay, sont également employés pour la production des moellons de réticulé. *L'opus reticulatum* étant le choix architectural présidant à la construction de l'aqueduc du Gier, le grand appareil est employé dans la seule limite de sa nécessité technique.

Les données acquises au cours de cette fouille enrichissent considérablement les problématiques liées aux techniques et aux choix architecturaux qui ont présidé à l'édification du pont et celles liées, plus globalement, à la datation d'un ouvrage hydraulique aussi important que l'aqueduc du Gier et dont l'incidence n'est pas sans conséquence dans l'analyse du développement urbain de la colonie romaine de Lyon/*Lugdunum*.

BIBLIOGRAPHIE

SIGLES ET ACRONYMES

BRGM	Bureau des recherches géologiques et minières.
CTHS	Comité des travaux historiques et scientifiques.
Inrap	Institut national de recherches archéologiques préventives.
RAE	<i>Revue archéologique de l'Est</i> .
RAN	<i>Revue archéologique de Narbonnaise</i> .
RFO	Rapport final d'opération.
SRA	Service régional de l'archéologie.
SAVL	Service archéologique de la ville de Lyon.

RÉFÉRENCES

- Allinne C. 2011** : La situation des ponts antiques et la morphologie des cours d'eau, in Barruol G., Garmy P., Fiches J.-L. (dir.) 2011, p. 501-522.
- Baldassari D. 2019** : *Sainte-Foy-Lès-Lyon (69), Avenue Paul-Dailly (RD342), pont-siphon de Beaunant*, RFO de fouille archéologique préventive, Lyon, SRA Auvergne-Rhône-Alpes, Archeodunum, 256 p.
- Barruol G., Garmy P., Fiches J.-L. (dir.) 2011** : *Les ponts routiers en Gaule Romaine, Actes du colloque tenu au pont du Gard du 8 au 11 octobre 2008*, Montpellier-Lattes, Éditions de l'Association de la RAN (coll. Suppl. à la RAN, 41), 687 p.
- Blondel F. 2018** : *Approvisionnement et usages du bois en Auvergne, du Second âge du Fer au Moyen Âge. Texte et figures*, tome 1, Thèse de doctorat, université de Bourgogne-Franche-Comté, 488 p.
- Blondel F., Girardclos O. 2018** : Approche dendroarchéologique de l'approvisionnement de la ville antique d'*Augustonemetum* (Clermont-Ferrand – Puy-de-Dôme) en bois d'œuvre et exploitation forestière, *ArcheoSciences, Revue d'Archéométrie*, 42-1, p. 17-33.
- Blondel F., Labbas V., Shindo L. 2020** : L'adendrochronologie : potentialités et nouveaux enjeux pour l'archéologie préventive, in Carpentier C., Arbogast R.-M., Kuchler P. (dir.), *Bioarchéologie : minimum méthodologiques, référentiels communs et nouvelles approches, Actes du 4^e séminaire scientifique et technique de l'Inrap, 28-29 novembre 2019, Sélestat* [URL : <https://sstinrap.hypotheses.org/5500>, mis en ligne le 13/12/2020].

- Bonnamour L. 2011** : Chalon-sur-Saône, Saône-et-Loire, Grand pont de Saône, pont Saint-Laurent, in Barruol G., Fiches J.-L., Garmy P. (dir.) 2011, p. 91-98.
- Borlenghi A. 2003** : L'acquedotto romano del Gier a Lione: nuovi apporti dalla scoperta di due bolli laterizi, *Epigraphica*, LXV, p. 316-330.
- Borlenghi A. 2005** : Il rilievo dei mattoni bipedali : un nuovo apporto alla determinazione del piede impegnato nell'acquedotto del Gier, in *In binos actus lumina. Rivista di studi e ricerche sull'idraulica storica e la storia della tecnica. Anno III/2005: 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, Agora edizioni, II, p. 85-97.
- Borlenghi A. 2018** : L'aqueduc du Gier à la lumière des données épigraphiques, in Poux M., Berard F. (dir.), *Lugdunum et ses campagnes. Actualités de la recherche*, Drémil Lafage, Monique Mergoïl (coll. Archéologie et Histoire romaine, 38), p. 277-308.
- Bravard J.-P., Vérot-Bourrely A., Franc O., Arlaud C. 1997** : Paléodynamique du site fluvial de Lyon depuis le Tardiglaciaire, in Bravard J.-P., Prestreau M. (dir.), *Dynamique du paysage. Entretiens de géoarchéologie. Table-ronde tenue à Lyon les 17-18 novembre 1995*, Lyon, ALPARA (coll. Documents d'archéologie en Rhône-Alpes, 15), p. 177-201.
- Burdy J. 1996** : *Pré-inventaire des monuments et richesses artistiques. IV : L'aqueduc romain du Gier. Département du Rhône*, Lyon, Comité du pré-inventaire des monuments et richesses artistiques, 408 p.
- Burdy J. 2006** : Les ponts des siphons de l'aqueduc romain du Gier, à Lyon. Tablier incliné et piles élégies. Séance du 31 janvier 2001, *Bulletin de la Société nationale des Antiquaires de France*, p. 35-55.
- Burdy J. 2015** : *Guillaume Marie Delorme 1700-1782, Recherches sur les aqueducs de Lyon construits par les romains, Texte et dessins*, Messimy, L'Araire, 272 p.
- Cailleux A. 1939** : Sur quelques sables des environs de Lyon. Essai d'expertise, *Bulletin mensuel de la Société linnéenne de Lyon*, 6, p. 166-169.
- Cartallas E. 1986** : Les aqueducs faillirent-ils écrouler?, *L'Araire*, 66, p. 111-116.
- Chocat B. 1997** : Le rôle possible de l'urbanisation dans l'aggravation du risque d'inondation : l'exemple de l'Yzeron à Lyon, *Géocarrefour. Revue de géographie de Lyon*, 72-4, p. 273-280.
- Clément B. 2016** : *Construire à Lugdunum. Organisation, formes et évolution de l'architecture domestique (II^e av.-III^e apr. J.-C.)*, Thèse de doctorat, université Lumière Lyon 2, 3 vol.
- Clément B., Savay-Guerraz H. 2018** : Construire à *Lugdunum*, matériaux et techniques, in Lenoble M. (dir.), *Atlas topographique de Lugdunum. I : Lyon-Fourvière*, Dijon, Société archéologique de l'Est (coll. Suppl. à la RAE, 47), p. 133-140.
- Coquid C., Macabéo G. 2010** : Les aqueducs antiques de Lyon : l'apport de l'archéologie préventive (1991-2007), *RAE*, 59-2, p. 447-504.
- 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., Negre V., Sakarovitch P. (dir.), *Édifice & artifices. Histoires constructives*, Paris, Picard, p. 493-502.
- Dewolf Y., Bourrié G. 2008** : *Les formations superficielles. Genèse - Typologie - Classification - Paysages et environnements - Ressources et risques*, Paris, Ellipses, 829 p.
- Du Choul G., s. d.** : *Des antiquités romaines : premier livre*, Manuscrit de la Biblioteca Reale de Turin ; ms. varia 212 ; rédaction de 1538 à 1547 ?
- Flachéron A. 1840** : *Mémoire sur trois anciens aqueducs qui amenaient autrefois à Lyon les eaux du Mont-d'Or, de la Brévenne et du Gier*, Lyon, Imprimerie de L. Boitel, 92 p.
- Gabut F. 1890** : Archéologie romaine, les aqueducs lyonnais, Craponne, le monument des Tourillons restitué, *Revue du Lyonnais*, 5-9, p. 187-203.
- Gaté J., Rousset J. 1946** : Le climat de Lyon et de la région lyonnaise à travers les âges, in Piéry M. (dir.), *Le climat de Lyon et de la région lyonnaise*, Lyon, Cartier, p. 153-174.
- Grosprêtre L. 2012** : *Étude et gestion des impacts hydrogéomorphologiques de la périurbanisation. L'exemple du bassin de l'Yzeron dans l'Ouest lyonnais*, thèse de doctorat de géographie, aménagement et urbanisme, université Lumière Lyon 2, 302 p.
- Guigue G. 1883** : *Chronique de Benoît Mailard, grand prieur de l'abbaye de Savigny en Lyonnais, 1460-1506*, Lyon, Imp. Alf. Louis Perrin, 204 p.
- Mandier P. 1988** : *Le relief de la moyenne vallée du Rhône au Tertiaire et au Quaternaire, essai de paléogéographie*, Orléans, BRGM (Documents du BRGM, 151), 3 vol., 654 p.
- Marbouty D. 1984** : Les propriétés physiques de la neige, *La Houille blanche*, 8, p. 557-567.
- Marin A.-C., Garnier E., Gauthiez B., Laangry M., Zeller O. 2012** : *Climat, à nos risques et périls, Les Lyonnais face aux caprices du climat depuis le Moyen Âge*, Dossier de presse, Archives municipales de Lyon, 10 octobre 2012-30 mars 2013, Lyon, Archives municipales de Lyon (coll. Mémoire vive, 8) 140 p.
- Mignon J.-M., Paillet J.-L. 2011** : La construction des ponts routiers antiques : conception, réalisation, techniques, typologie et chronologie, in Barruol G., Garmy P., Fiches J.-L. (dir.) 2011, p. 523-554.
- Motte S. 2011** : *Tassin-la-Demi-Lune, Francheville, Sainte-Foy-Lès-Lyon, Oullins, Rhône, Rhône-Alpes. Aménagement de protection contre les inondations du bassin versant de l'Yzeron*, Rapport de diagnostic archéologique, Inrap Auvergne-Rhône-Alpes, 77 p.
- Pernetti J. 1846** : Conjectures sur l'incendie de Lyon (1761), in Monfalcon J.-B. (dir.), *Mélanges sur l'histoire ancienne de Lyon*, Lyon, Imprimerie de Bajat (Coll. collection des bibliophiles lyonnais, p. 142-161).
- Reynaud J.-F., Gaillot S., Tronchère H. 2017** : Le premier pont sur la Saône à Lyon du III^e au VI^e siècle, *RAE*, 66, p. 401-408.
- Rubys Cl. de 1604** : *Histoire véritable de la ville de Lyon, contenant ce qui a été omis par Maîtres Symphorien Champier, Paradin et autres...*, Lyon, Bonaventure Nugo, 570 p.
- Sanchez C., Fabre J.-M., Coadic S., Labussière J., Favennec B., Jézégou M.-P., Wicha S. 2020** : L'utilisation du bois dans les aménagements portuaires antiques de Narbonne/Narbo Martius (Aude), in Mouchard J., Guittou D. (dir.), Dossier : *Les ports romains dans les Trois Gaules. Entre Atlantique et eaux intérieures*, *Gallia*, 77-1, p. 489-508.
- Savay-Guerraz H. 2015** : Fantaisies sur les parements de l'aqueduc du Gier, in Lemaître S., Batigne Vallet C. (dir.), *Abécédaire pour un archéologue lyonnais. Mélanges offerts à Armand Desbat*, Autun, Monique Mergoïl (coll. Archéologie et Histoire romaine, 31), p. 317-321.
- Savay-Guerraz H., Desbat A. 1992** : Matériaux et chantiers de construction des thermes de la rue des Farges à Lyon (I^{er}-II^e siècles apr. J.-C.), in Lorenz J. (dir.), *Carrières et constructions en France et dans les pays limitrophes. II : Actes du 117^e Congrès National des Sociétés historiques et scientifiques, Clermont-Ferrand, 26-30 oct. 1992*, Paris, Éditions du CTHS (coll. Colloques du CTHS, 9), p. 255-272.
- Wicha S., Sanchez C. 2014** : L'apport des études xylogiques et dendrochronologiques à l'étude des aménagements portuaires de Narbonne romaine, in ARCADE, *Approche diachronique et Regards croisés : Archéologie, Dendrochronologie et Environnement*, Aix-en-Provence, p. 79-88.