



La mise en œuvre d'un aqueduc : l'exemple de la Brévenne à Lyon

Catherine Coquidé, Antoine Valois

► To cite this version:

Catherine Coquidé, Antoine Valois. La mise en œuvre d'un aqueduc : l'exemple de la Brévenne à Lyon. Gallia - Archéologie des Gaules, 2023, Les aqueducs romains de Lyon et d'ailleurs : nouveaux repères, 80 (1), pp.127-144. <10.4000/11ucy>. <hal-04614303>

HAL Id: hal-04614303

<https://hal.science/hal-04614303v1>

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

La mise en œuvre d'un aqueduc : l'exemple de la Brévenne à Lyon

Catherine COQUIDÉ* et Antoine VALOIS**

Mots-clés. Construction, technique de construction, installation hydraulique, topographie, archéométrie, normes, anomalie.

Résumé. L'exposé des étapes de la construction d'un aqueduc romain, fondé ici sur celui de la Brévenne, s'appuie sur les données archéologiques issues de sites fouillés lors d'opérations d'archéologie préventive. Les moyens accordés à ces études mettent en relief la norme, mais aussi la spécificité de l'ouvrage dans le réseau d'adduction d'eau qui dessert Lyon/Lugdunum. Ce qui s'en écarte en révèle les anomalies, les malfaçons et les singularités, ces dernières étant souvent les indices d'aménagements érodés. La conduite de cette étude stratigraphique permet de constater in situ la complexité du travail

accompli et d'admettre les compétences grâce auxquelles l'ingénieur a conservé toute la cohérence du projet. Cette approche permet également de saisir divers indices relevant d'une construction planifiée à différentes échelles, avec une partition du chantier en larges lots, puis en segments à construire et, au plus près des réalités du terrain, en une suite d'ateliers spécialisés avançant au jour le jour. La question de l'altimétrie, au cœur de la réussite de l'entreprise et si particulière sur ce tracé, y fait l'objet d'un développement spécifique. C'est finalement tout un projet qui se dessine et qui prend sa place pour plus d'un siècle au moins au sein du réseau lyonnais.

The construction of an aqueduct: The example of the Brévenne in Lyon (France)

Keywords. Construction, building technique, hydraulic installation, topography, archaeometry, norms, defect.

Abstract. The presentation of the steps in the construction of a Roman aqueduct –in this case the Brévenne canal– draws on the archaeological data resulting from sites excavated during preventive architecture operations. The resources allocated to these studies cast light on the norms, and also the specificity of this structure in the water supply network that served the city of Lyon/Lugdunum. The elements that deviate from the norm reveal anomalies, defects and singularities that are often indications of erosion. The implementation of this stratigraphic study provides in situ evidence of the complexity of the

project and the engineer's skills in maintaining its consistency. This approach also reveals various clues suggesting a construction that was planned at different scales, a project divided into large batches, then into segments for construction, and –given the realities of the local environment– into a succession of specialist worksites progressing on a day-to-day basis.

Of these, the fundamental –and here highly specific– question of altimetry receives special attention. Ultimately, what we see here is the emergence of a whole project which, over more than a century, took shape within the city of Lyon's infrastructure. (Traduction de Mark Preston)

Depuis des décennies, des chercheurs du monde associatif ont parcouru les reliefs de l'Ouest lyonnais et sauvé de l'oubli nombre de données dites « aqueduc » en passe d'être effacées dans l'anonymat de terrassements divers (par exemple ici, Burdy 1993). Ce n'est qu'à partir des années 1980 que certaines de ces opérations de sauvetage urgent, menées à la fois par des bénévoles et par

des professionnels, sont enregistrées dans la base de données du service régional de l'archéologie¹. Elles cèdent la place au début

1. Il a fallu le réexamen récent (2015) de toutes les opérations de terrain, commune par commune, pour toutes les repérer (Delphine Bellanca-Penel, base de données Patriarche, Drac-SRA Auvergne-Rhône-Alpes).

* Inrap, Centre archéologique Auvergne-Rhône-Alpes ; 12 rue Louis-Maggiorini, F-69500 Bron ; UMR 5138 – Archéologie et Archéométrie (ArAr) ; Maison de l'Orient et de la Méditerranée Jean Pouilloux, 7 rue Raulin, F-69365 Lyon Cedex 07. Courriel : catherine.coquide@inrap.fr

** Inrap, Centre archéologique Auvergne-Rhône-Alpes ; 12 rue Louis-Maggiorini, F-69500 Bron ; UMR 5138 – Archéologie et Archéométrie (ArAr) ; Maison de l'Orient et de la Méditerranée Jean Pouilloux, 7 rue Raulin, F-69365 Lyon Cedex 07. Courriel : antoine.valois@inrap.fr

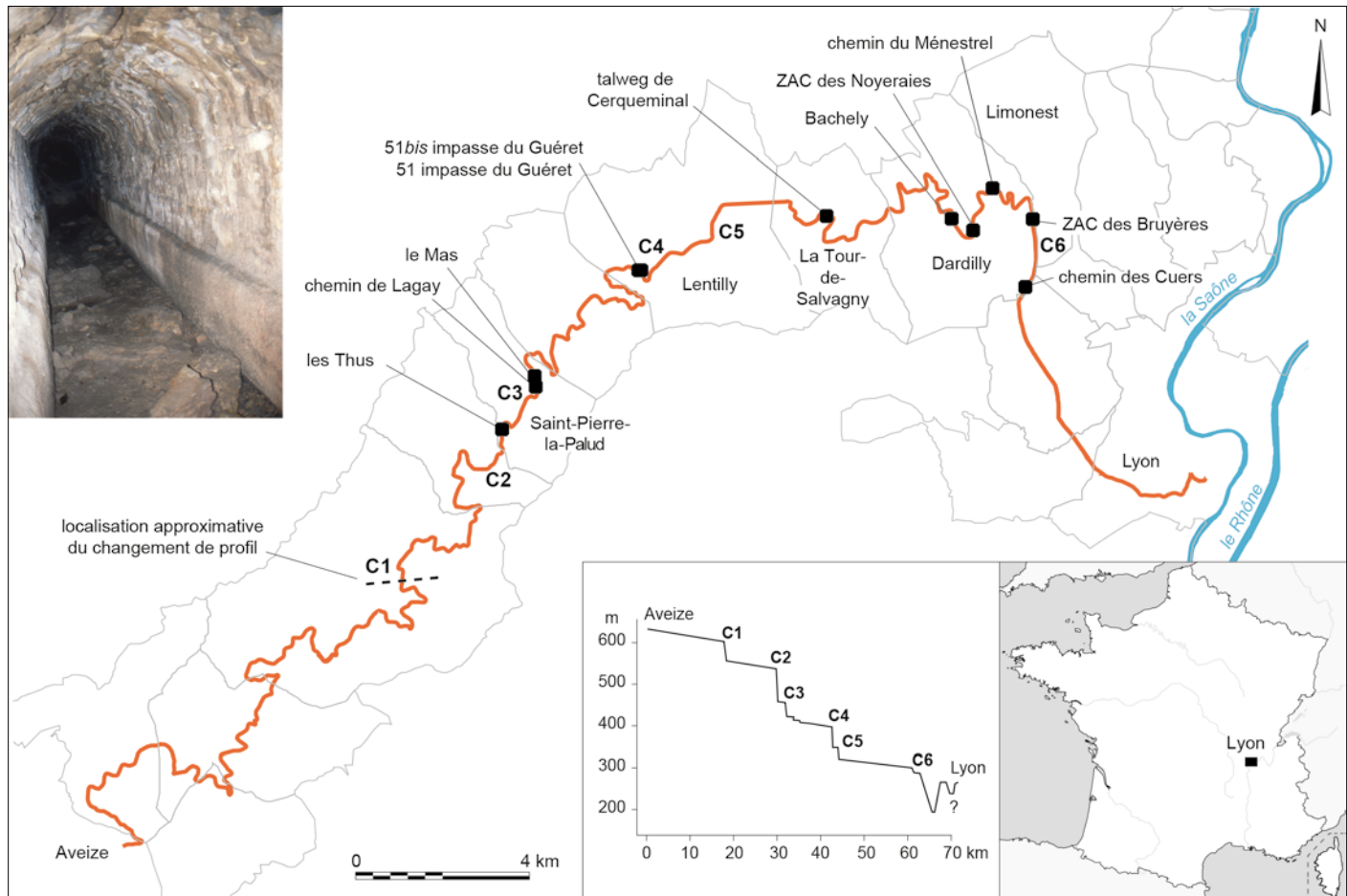


Fig. 1 – L'aqueduc de la Brévenne: carte de localisation des sites mentionnés et profil du tracé avec localisation des chutes (C1 à C6)
(DAO: C. Coquidé, G. Macabéo et K. Raynaud, Inrap; d'après Burdy 1993; cliché: base de données Patriarche, DVD Rouger 1995, img 006).

des années 1990 à des études d'archéologie préventive qui bénéficient peu à peu d'un temps et d'un espace d'intervention clairement définis, octroyant aux équipes des moyens techniques et financiers jusqu'alors inégaux.

Les diagnostics enrichissent dès lors le dossier d'observations relatives aux tracés, à l'architecture des canaux ou à leur environnement et les données récoltées sont rapidement plus conséquentes que ce qui était attendu (Coquidé, Macabéo 2010). Mais ces opérations n'ont pas pour vocation première d'assurer l'exploration fine des ouvrages, une tâche que seuls les chantiers de fouille sont en mesure de réaliser, chacune des interventions s'appuyant sur les travaux de la précédente pour affiner les approches (Françoise-dit-Miret *et al.* 2022).

Huit opérations de fouille, menées sur des sections enterrées de l'aqueduc de la Brévenne entre 2011 et 2019, répondent finalement au cahier des charges de cet article: observer les modalités de construction d'un même aqueduc. Ces opportunités ne concernent toutefois que les derniers 50 km linéaires d'un parcours long de 70 km. La partie amont du tracé est en effet assurée par un canal de profil plus modeste dont nous ignorons toute l'articulation chronologique et fonctionnelle avec la section aval (fig. 1)².

2. Toutes les communes traversées par un aqueduc n'étaient jusqu'à ce jour pas concernées par les zonages de protection. Les arrêtés comblant cette importante lacune sont en cours de validation.

L'article qui suit s'attache ainsi au déroulé de la construction de la grande section de l'aqueduc de la Brévenne et choisit de traiter le sujet du point de vue du terrain. Il s'agit d'appliquer une lecture stratigraphique à l'ouvrage, d'examiner la place des éléments qui le composent et d'en déceler les particularités, certaines étant, jusqu'alors, difficilement accessibles et peu détaillées. Des comparaisons avec d'autres aqueducs seront sollicitées afin d'illustrer certains des points évoqués. La première partie « déconstruit » donc le canal, mettant en valeur ce qui semble en être la norme en termes de construction, puis ce qui s'en détache ainsi que les diverses anomalies qui l'affectent. Ces observations, menées depuis le sous-sol, mettent une nouvelle fois en lumière toute la complexité que sous-tend la mise en œuvre d'un tel projet conduit en larges lots, eux-mêmes divisés en segments qui intègrent une succession d'ateliers où s'inscrit le quotidien des équipes chargées de bâtir. Un point sur la question centrale de l'altimétrie, *via* l'examen des profils en long et en travers, clôt le discours et propose de porter un autre regard sur la gestion de la pente³. Finalement, ce sont bien la spécificité et la place de cet aqueduc dans le réseau d'adduction en eau lyonnais – ou celles de tout autre qui aurait été le sujet de ce travail – qui sont mises en valeur.

3. Les auteurs remercient Cécile Ramponi pour sa relecture attentive du texte et Philippe Leveau pour ses habiles conseils concernant le fond et la forme de ce travail.

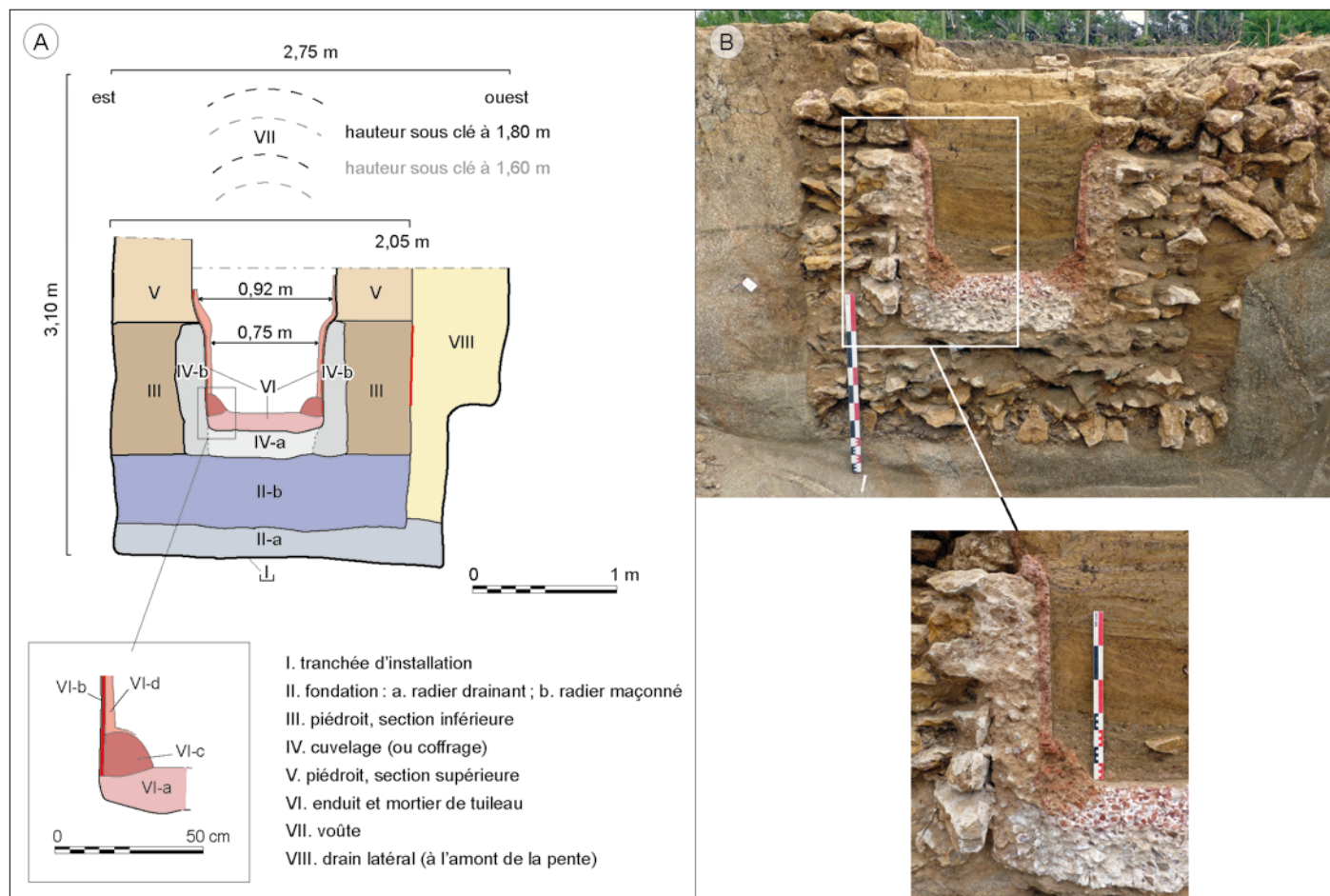


Fig. 2 – Étapes de construction de l'aqueduc de la Brévenne à Dardilly (Métropole de Lyon), chemin du Ménestrel: **A**, profil en travers du specus; **B**, photographie du specus (relevés: D. Mazuy et F. Notier, Inrap; DAO et clichés: A. Valois, Inrap; d'après Valois 2018, fig. 27 et 28).

L'AQUEDUC DE LA BRÉVENNE, UN OUVRAGE DE HAUTE INGÉNIERIE

L'aqueduc de la Brévenne, long d'environ 70 km au fil de l'eau, franchit (à vol d'oiseau) une distance de 26 km, de sa source jusqu'à Lyon. Il puise tout ou partie de son eau au-dessus de la cote des 626 m NGF au ruisseau de l'Orjolle à Aveize (Rhône) et aboutit au plateau de Fourvière à une altitude jusqu'alors estimée entre 282 et 284 m⁴ (Burdy 1993, p. 10, p. 35-47 ; François, dans ce volume).

D'après le gabarit de sa grande section, il conduit le plus fort volume d'eau du réseau des canaux lyonnais. Majoritairement construit en section enterrée, il est voûté, large de 2,30 à plus de 3 m et haut de 3,10 à 3,30 m hors-tout, réservant un canal de 0,75 à 0,95 m de large pour 1,60 à 1,80 m de hauteur sous clé. De conception particulièrement efficace dans le domaine de l'étanchéité, il intègre dès le 18^e kilomètre un drain placé côté amont dès lors que le canal aborde un versant pentu. Il bénéficie également d'une mise en place complexe de ses enduits et de ses mortiers de tuileau ainsi que d'un cuvelage partiel du *specus*⁵. La présence de ce coffrage produit un épaulement (ou chanfrein) à une cinquantaine

de centimètres au-dessus du fond, distinguant ce canal des autres aqueducs du réseau lyonnais, et valide l'hypothèse d'une circulation ordinaire de l'eau jusqu'à la hauteur du sommet de ce cuvelage et d'une autre plus exceptionnelle au-dessus. Le débit, pour un flux circulant uniquement sous le chanfrein modélisé à une hauteur de 0,50 m, est estimé à un maximum de 28 000 m³ par jour environ (Tronchère *et al.* 2015, p. 291). Une étude postérieure portant sur la capacité du siphon d'Écully – Tassin-la-Demi-Lune, localisé en fin de parcours, réduit quelque peu le débit potentiel à 20 000/25 000 m³ par jour (François, dans ce volume).

Les paragraphes qui suivent détaillent les étapes d'une construction normée répondant à un cahier des charges précis, puis abordent ce qui s'en distingue, par les diverses anomalies figurées par des traces de réparation ou de malfaçon et par la présence d'aménagements singuliers.

LES ÉTAPES DE LA CONSTRUCTION

On peut, en l'état de la recherche, proposer une construction agencée en huit étapes dont l'ordre de mise en place pourra être ponctuellement discuté (fig. 2 et 3).

4. Une hauteur récemment révisée (François, dans ce volume).

5. «*Specus*» est ici employé pour nommer l'espace réservé à la circulation de l'eau dans le canal.

ÉTAPE I : LA TRANCHÉE D'INSTALLATION

La tranchée d'installation destinée à recevoir l'ouvrage présente généralement un profil à parois verticales ou subverticales et un fond plat. Un épaulement marqué à des hauteurs diverses pourrait signifier un creusement en deux temps avec un premier enlèvement de plus grande largeur en partie supérieure, dont l'ampleur dépend de la nature du substrat (jusqu'à 3,40 m à Saint-Pierre-la-Palud [Rhône] où le rocher particulièrement feuilleté se délite ; Coquidé dir. 2019), puis une tranchée moins large en partie basse⁶ (fig. 3).

ÉTAPE II : LA FONDATION

La fondation se compose de deux aménagements successifs installés en fond de tranchée et destinés à assurer une grande stabilité au canal :

- le radier drainant (fig. 2, II-a), constitué de pierres sèches, a pour principale fonction le drainage des eaux captées par la tranchée d'installation dont il occupe toute la largeur. Il collecte également les ruissellements du versant amont éventuellement collectés par le drain (fig. 2, VIII) avec lequel il est en contact. Son épaisseur varie de 0,20 à 0,40 m ;
- le radier maçonné (fig. 2, II-b), qui emballe des blocs non équarris liés au mortier de chaux et recouvre le radier drainant. Il s'appuie contre le drain (fig. 2, VIII) si celui-ci est présent. Sa largeur est donc parfois moindre que celle de l'étage sous-jacent et celle du canal (piédroits et *specus*). Son épaisseur oscille entre 0,10 et 0,50 m.

Radier drainant et maçonné confondus, la fondation est haute de 0,50 à 0,70 m, selon la densité du substrat géologique, les roches dures permettant apparemment d'en limiter l'épaisseur.

ÉTAPE III : LA SECTION INFÉRIEURE DES PIÉDROITS

Les piédroits droit et gauche de l'aqueduc sont érigés en deux temps⁷. Leur section inférieure repose sur la fondation maçonnée (fig. 2, II-b) ; elle est construite à l'aide d'un mortier de chaux liant des blocs grossièrement taillés disposés en assises plus ou moins régulières pour une hauteur totale qui varie de 0,80 à 0,90 m. Leur largeur est comprise entre 0,40 et 0,55 m.

ÉTAPE IV : LE CUVELAGE

Le cuvelage repose sur le radier de fondation (fig. 2, II-b) et s'appuie contre la section inférieure des piédroits. À parois verticales et à fond plat, il se compose d'un mortier de chaux plus ou moins graveleux et relativement dense. Sa hauteur est de 0,50 à 0,60 m pour une largeur de 0,75 à 0,80 m, il est épais de 0,20 à 0,30 m à la base et de 0,20 m environ pour les parois.

6. Voir *infra*, p. 139, quant à l'interprétation qui est proposée pour ce profil étagé.

7. Ils sont ainsi nommés selon leur emplacement par rapport au sens d'écoulement de l'eau. À l'inverse des indications cardinales ou celles relatives à la topographie (amont/aval), les côtés droit et gauche sont invariants sur l'ensemble du parcours.

L'usage de mortiers différents permet parfois de distinguer deux phases pour sa réalisation : le fond serait coulé dans un premier temps (fig. 2, IV-a), avant la pose des parois (fig. 2, IV-b). Néanmoins, des variations sont observées d'un chantier à l'autre et l'ordre de cet agencement ne semble pas avéré partout. Verticalement, sa mise en place est réalisée grâce à une armature sans doute en bois. Le négatif de trois planches superposées a été mis en évidence à Saint-Pierre-la-Palud après le décroûtage des enduits de tuileau qui le recouvrent (Coquidé dir. 2019, p. 89). Pour autant, les détails techniques de la mise en œuvre de ce cuvelage restent encore à explorer, notamment en ce qui concerne le fond.

ÉTAPE V : LA SECTION SUPÉRIEURE DES PIÉDROITS

La section supérieure des piédroits repose à la fois sur la section inférieure (fig. 2, III) et sur le cuvelage (fig. 2, IV). Elle est large de 0,50 à 0,55 m en moyenne, soit environ 10 cm de plus que celle de la section inférieure. Le module des blocs employés semble plus homogène qu'en partie basse (de l'ordre de 15 à 20 cm de côté) et les assises plus régulières.

Des « joints tirés au fer » apparaissent à cet étage de la construction⁸ dont le parement est taloché à l'aide d'un mortier clair plus ou moins profondément incisé. Les tracés reproduisent l'aspect d'un mur en élévation sans que les traits ne se superposent systématiquement aux joints réels de la maçonnerie sous-jacente (fig. 4). La pose de cet enduit, qui utilise un mortier de chaux, se distingue de celle des enduits et mortiers de tuileau⁹ (Coquidé dir. 2014, p. 94 et 125 ; Valois dir. à paraître).

ÉTAPE VI : LES MORTIERS ET ENDUITS DE TUILEAU

L'application des mortiers et enduits de tuileau est soigneusement hiérarchisée et c'est leur imbrication qui assure une solidité et une étanchéité de qualité¹⁰ :

- un mortier de tuileau (fig. 2, VI-a) recouvre le fond du cuvelage (fig. 2, IV-a). Épais de 10 à 20 cm, il est composé d'une chaux blanche emballant une grande quantité de fragments de terres cuites architecturales de tailles centimétriques (de 1 à 3 cm). La surface de ce béton très induré est lissée et constitue le fondement du *specus*. Cette base réserve probablement déjà les échancrures latérales qui vont recevoir les bourrelets d'étanchéité (fig. 2, VI-c) ;
- un premier enduit de tuileau (fig. 2, VI-b) est appliqué uniformément le long des parois du cuvelage (fig. 2, IV-b) et de la section supérieure des piédroits (fig. 2, V), laissant néanmoins libre les deux à trois assises sommitales qui supportent

8. Il est difficile de préciser si la section inférieure des piédroits (fig. 2, III), masquée par le cuvelage, bénéficie aussi de cette couverture d'accroche.

9. Cette formation de surface est soumise à une forte érosion. Bien que systématique, elle n'a été finement observée qu'à Lentilly (Rhône).

10. La caractérisation des divers agrégats à base de chaux prélevés sur ce canal à Limonest (Métropole de Lyon) montre l'emploi de sept matériaux dont six relèvent de bétons ou de mortiers à tuileau différents. L'analyse macro- et microscopique montre ainsi, bien avant la démonstration stratigraphique, l'usage de plusieurs revêtements distincts (Rivière 2015, p. 69-71 et 74). Leur pose « qui ne suit pas toujours une granulométrie décroissante » interroge l'auteur. Ce fait surprend moins lorsque l'on considère leur place dans la mise en œuvre de l'ouvrage.

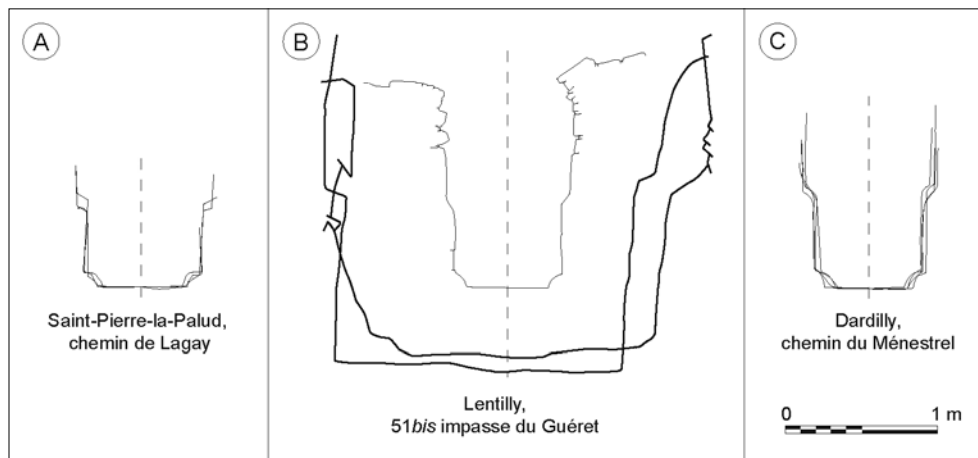


Fig. 3 – Profils en travers du specus de l'aqueduc de la Brévenne, incluant la tranchée d'installation au 51bis impasse du Guéret à Lentilly (Rhône) (relevés : A. Frécon, A. Mac Carthy et A. Valois, Inrap ; DAO : C. Coquidé, G. Macabéo, F. Notier et A. Valois, Inrap ; d'après Coquidé dir. 2014, fig. 21 ; 2019, fig. 33 ; Valois 2018, fig. 33).



Fig. 4 – Joints tirés au fer sur l'aqueduc de la Brévenne : **A**, au 51bis impasse du Guéret à Lentilly (Rhône) ; **B**, aux Thus à Saint-Pierre-la-Palud (Rhône) (cliché A : Coquidé dir. 2014, fig. 17 ; cliché B : base de données Patriarche, DVD Rouger 1995, nega 057).

- les sommiers de la voûte. Il est épais de 1 à 1,50 cm, constitué de sable grossier et de fragments de terres cuites architecturales de tailles millimétriques (inférieurs à 5 mm), le tout composant un mortier de chaux très compact de teinte rouge à rosée. Il peut éventuellement se prolonger en partie basse entre le mortier de fond (fig. 2, VI-a) et les piédroits (fig. 2, III) (Coquidé dir. 2019, p. 172) ;
- les quarts-de-rond (ou bourrelets ; fig. 2, VI-c) qui assurent l'étanchéité du canal à la jonction du fond et des parois sont constitués d'un mortier de tuileau dont les fragments de terres cuites sont de tailles similaires à ceux utilisés dans le mortier (fig. 2, VI-a). Ils sont posés au contact de l'enduit (fig. 2, VI-b) et sur le fond (fig. 2, VI-a), au sommet duquel ils sont incrustés (fig. 2, encarts). Leur gabarit paraît relativement standardisé, avec un rayon compris entre 10 et 15 cm ;
- un enduit de tuileau de teinte plus claire que celle du premier enduit de tuileau (fig. 2, VI-d) recouvre à la fois les parois, les quarts-de-rond et le fond du canal sur 2 à 3 cm d'épaisseur. Il contient des fragments de terres cuites architecturales de tailles millimétriques (inférieurs à 5 mm) mêlés à un mortier de chaux employant un dégraissant de sable fin. Soigneusement lissé, il facilite la circulation de l'eau en limitant au maximum le frottement du flux sur les parois¹¹.

Son application en partie haute semble se cantonner au niveau des deux ou trois dernières assises des piédroits où il présente une frange amincie. Le non-recouvrement des assises les plus hautes intrigue. Cette absence ne semble pas due à l'érosion puisque aucune trace d'enduit de tuileau n'apparaît au cœur des joints de mortier. Si l'eau n'est pas attendue à cette hauteur, pourquoi bâtir

11. Bien que fortement soumis à l'érosion, il est particulièrement bien conservé à Lentilly (Coquidé dir. 2014, p. 95 et 122).

ces assises et engager un volume de travail et de matériaux non négligeable ? Il s'agit peut-être d'une précaution visant à permettre la gestion de quantités d'eau exceptionnelles – dont la survenue est possible sur ce bassin versant actif tout au long de l'année¹² (Tronchère *et al.* 2015, p. 293) – ou d'une commodité rendant plus aisée la circulation dans le canal lors de son entretien.

ÉTAPE VII : LA VOÛTE

La voûte, souvent affleurante, est rarement conservée dans son intégralité. Ses sommiers reposent sur la section supérieure des piédroits où un retrait de 5 à 10 cm est parfois présent côté interne. D'une épaisseur moyenne de 0,40 à 0,45 m, elle est en berceau, constituée de blocs et/ou de dalles liés au mortier de chaux dont la mise en place imite celle des claveaux¹³ (clichés inédits d'E. Rouger dans Coquidé *dir.* 2019, p. 106-108).

ÉTAPE VIII : LE DRAIN LATÉRAL

Un drain d'une largeur variant de 0,20 m à plus de 1 m s'insère entre les maçonneries constituant le canal et la paroi de la tranchée d'installation (fig. 2, I) sur le côté amont des pentes. Il est parfois anormalement absent sur une courte distance alors que le relief est marqué (sur 2 m à Dardilly ; d'après Motte *dir.* 2011). Il l'est en revanche plus fréquemment lorsque la dénivellée amont est faible ou nulle (sur 25 des 42 m fouillés à Limonest ; d'après Ardouin *dir.* 2015) (fig. 5).

Le drain est constitué de blocs hétérométriques (certains atteignant plus de 0,60 m de côté). Il repose, voire se lie, au radier drainant (fig. 2, II-a) avec lequel sa limite reste peu claire¹⁴. Il fonctionne quoi qu'il en soit avec ce dernier, évacuant les ruissellements du versant vers le fond de l'ouvrage et les cantonnant ainsi à distance du *specus*. Son sommet atteint l'extrados de la voûte sur lequel il s'appuie. Son rattachement exclusif à l'étape VIII, soit en fin de construction, doit enfin être nuancé car il est sans doute garni progressivement au fur et à mesure de l'avancée de la construction.

LES ANOMALIES DE LA STRUCTURE

Connaître la norme d'un ouvrage permet d'en déceler les adaptations et les altérations, chacune d'entre elles étant une modification de la structure qu'il convient d'explorer. Elles révèlent des ajustements mineurs, des réparations portées sur des points

12. Le transport de tels volumes engageant une circulation de l'eau au niveau du haut des piédroits, enduit ou non, semble excéder les possibilités du canal en fin de parcours (voir *supra*, p. 129 ; François, dans ce volume). Il est probable que celle-ci transite donc ponctuellement dans le canal et soit évacuée par le biais d'exutoires (Coquidé, Macabéo 2010, p. 485-487).

13. À noter que la pose des enduits de tuileau interviendrait peut-être après celle de la voûte. C'est le cas sur l'aqueduc du Gier, bien que l'hypothèse d'une réfection ne puisse toutefois pas être écartée (Coquidé, Macabéo 2010, p. 478). Ce fait est également relevé sur l'aqueduc de Nîmes (Fiches, Paillet 1991, p. 319).

14. Il entame exceptionnellement la base de la tranchée d'installation et la fondation II-a (radier drainant) à Dardilly, ZAC des Noyeraies, où il est en partie doublé à l'amont, sur un secteur où le drainage semble avoir été problématique (Joly, Rossignol 1993, pl. III et IV).



Fig. 5 – Le drain (fig. 2, VIII) de l'aqueduc de la Brèvenne : A et B, visible au Bachely à Dardilly ; C, ajusté à la tranchée d'installation au 51bis impasse du Guéret à Saint-Pierre-la-Palud ; D, absent en terrain plat à la ZAC des Bruyères à Limonest (Métropole de Lyon) (clichés A et B : Motte 2011, fig. 21 ; cliché C : Coquidé *dir.* 2014, fig. 14 ; cliché D : Monin 2011, pl. 19).

de faiblesse de l'ouvrage¹⁵ ou bien certaines malfaçons grevant dans la durée la cohésion de la construction. Elles mettent enfin en évidence la diversité des solutions techniques envisageables en matière d'assemblage ainsi que certains aménagements inhabituels qu'il faudrait expliquer.

15. La question des réparations est néanmoins hors du champ de cette étude. Leur inventaire et leur analyse restent à faire.

DES AJUSTEMENTS MAÎTRISÉS

Certaines variations métriques témoignent d'une construction normalisée qui sait s'adapter. Par exemple, aux Thus, à Saint-Pierre-la-Palud, les parements externes de la fondation et du piédroit gauche sont exceptionnellement mis à nu par des travaux contemporains sur une longue courbe à flanc de coteau. Le sommet du piédroit inférieur (fig. 2, III) est là d'une vingtaine de centimètres plus large que la base du piédroit supérieur (fig. 2, V) qui s'y appuie (Rouger 1995, p. 5, pl. 7 et 20). Ce dernier, qui a conservé sa largeur habituelle, ne tient donc pas compte de cette plateforme trop large. Ce réajustement plaide en faveur d'un contrôle constant du module de chacun des éléments constituant l'ouvrage, à même d'assurer *in fine* un profil normalisé.

Le profil du canal peut aussi être rendu non conforme à dessein après la mise en service. À La Tour-de-Salvagny (Métropole de Lyon), talweg de Cerqueminal, un diagnostic a mis au jour un tronçon dont le fond est beaucoup plus étroit qu'ailleurs. Une coupe révèle qu'il y a là un doublement du cuvelage dont la reprise s'intègre sans dommage à l'aménagement initial (fig. 2, IV), qui ne paraît pour autant pas altéré (Monnoyeur-Roussel dir. 2020, p. 67-68). Il s'agit sans doute d'une modification du profil effectuée dans le but de corriger localement la course de l'eau lorsque celle-ci est jugée inadéquate. Ceci éclaire d'un jour nouveau les quelques rares profils internes nettement étrécis relevés sur d'autres secteurs (Burdy 1993, p. 11, 115 et 163 ; Jeancolas 1986, p. 53). Ils sont enregistrés à Limonest (Métropole de Lyon), au sortir de la sixième chute, et hypothétiquement associés à la régulation de la vitesse du flux. Ce n'est pas le cas sur le diagnostic de 2020 qui intervient sur un tronçon enterré loin de cette catégorie de dispositif.

DES RÉPARATIONS ET DES MALFAÇONS

La fouille montre des modifications dans l'ordre d'assemblage de certains des éléments composant l'aqueduc, notamment ceux des enduits de tuileau à la jonction fond/paroi. Les montages qui peuvent y être appliqués diffèrent localement de celui exposé précédemment (étape VI). Il s'agit là de réparations qui imitent l'état d'origine et qui sont difficilement décelées si aucune coupe n'est pratiquée¹⁶ (fig. 6) (Motte dir. 2011, p. 68-69). À Saint-Pierre-la-Palud, chemin de Lagay, le premier enduit vertical (fig. 2, VI-b) n'apparaît pas contre la paroi, mais il est préservé en dessous du quart-de-rond, indice de la disparition des enduits initiaux et du remplacement du bourrelet d'étanchéité¹⁷ (Coquidé dir. 2019, p. 172).

Sur le même site, une érosion particulièrement sévère du fond du conduit va jusqu'à dissoudre la moitié de l'épaisseur des piédroits (Coquidé dir. 2019, p. 87-88). Le flux est au sortir de l'une des chutes qui rythment le tracé et la pente y est particulièrement forte. Ces deux seuls faits suffisent à expliquer l'atteinte portée aux piédroits. Mais il s'y cache aussi une malfaçon : le basculement de la partie inférieure de la maçonnerie du piédroit droit (fig. 2, III) vers l'intérieur du canal (Coquidé dir. 2019, fig. 29).

16. On a un temps mis en doute la réalité de ces réparations d'ampleur, jugeant que les canaux ont pu rester en l'état tout le temps de leur fonctionnement.

17. Les modalités d'assemblage des mortiers de tuileau sur le fond et les parois du canal diffèrent également d'un aqueduc à l'autre (Coquidé dir. 2021 pour le Gier ; Grewe 1988, p. 69 pour l'aqueduc suisse d'Augst).

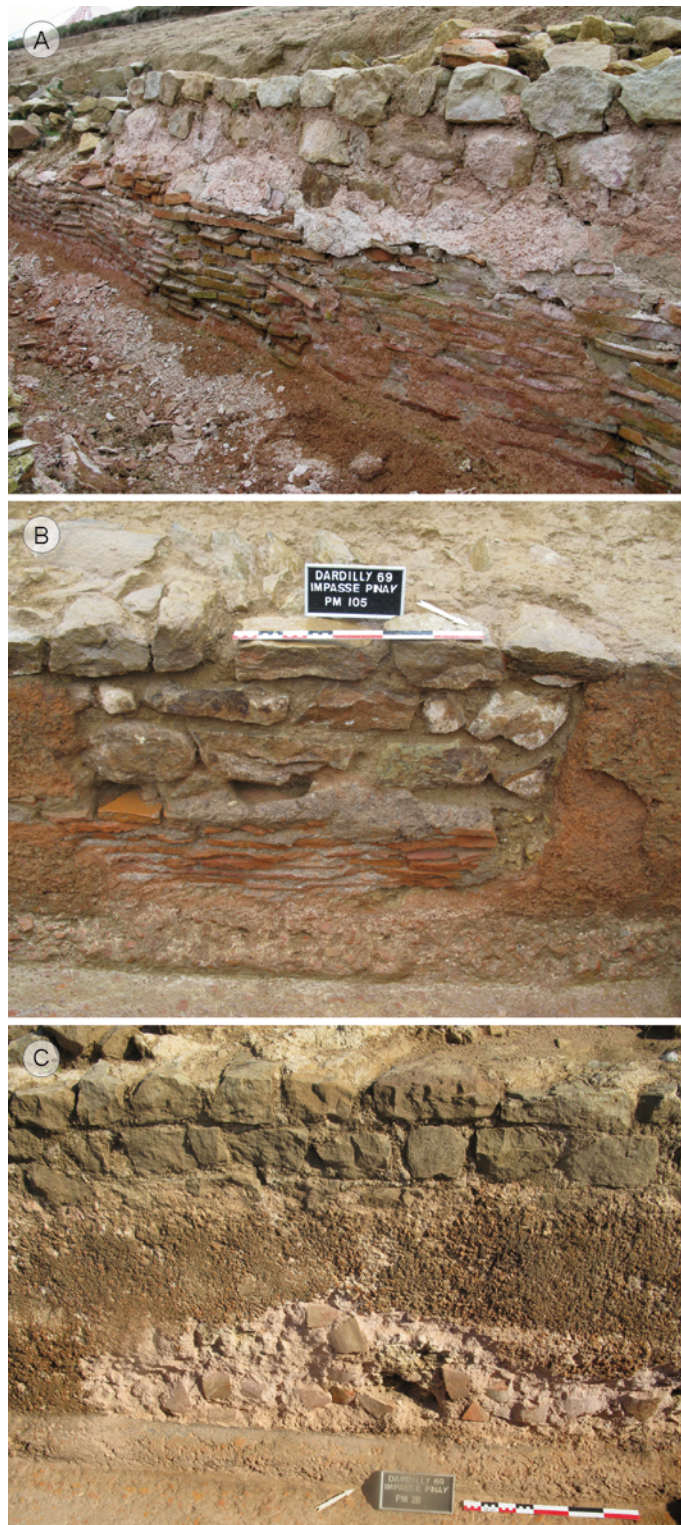
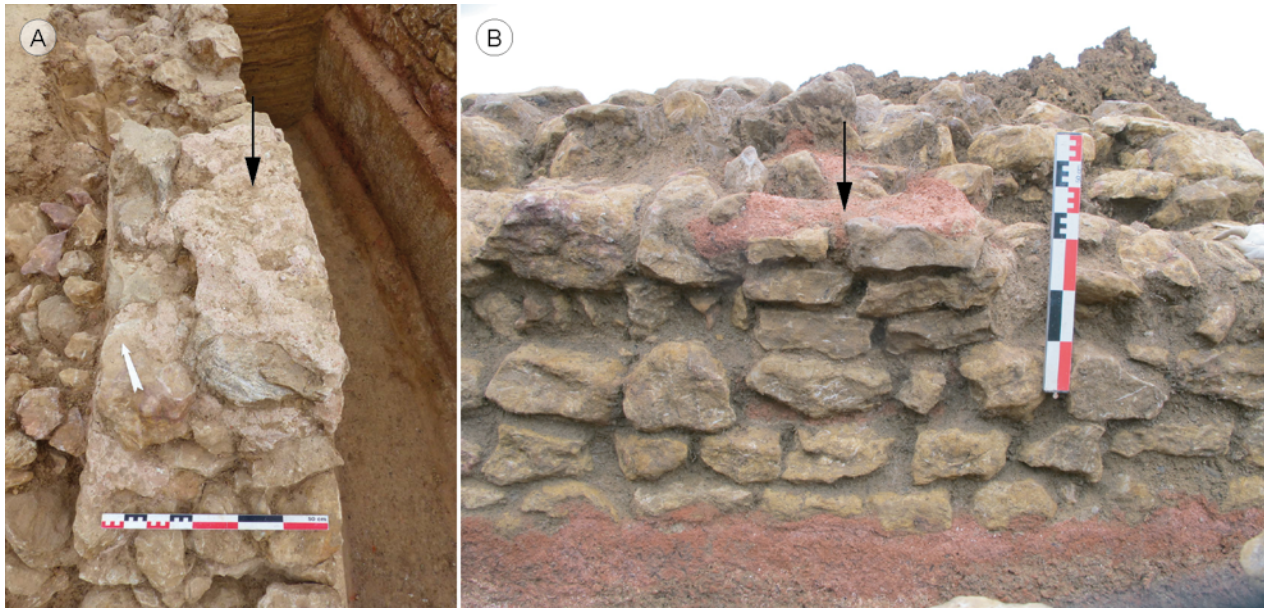
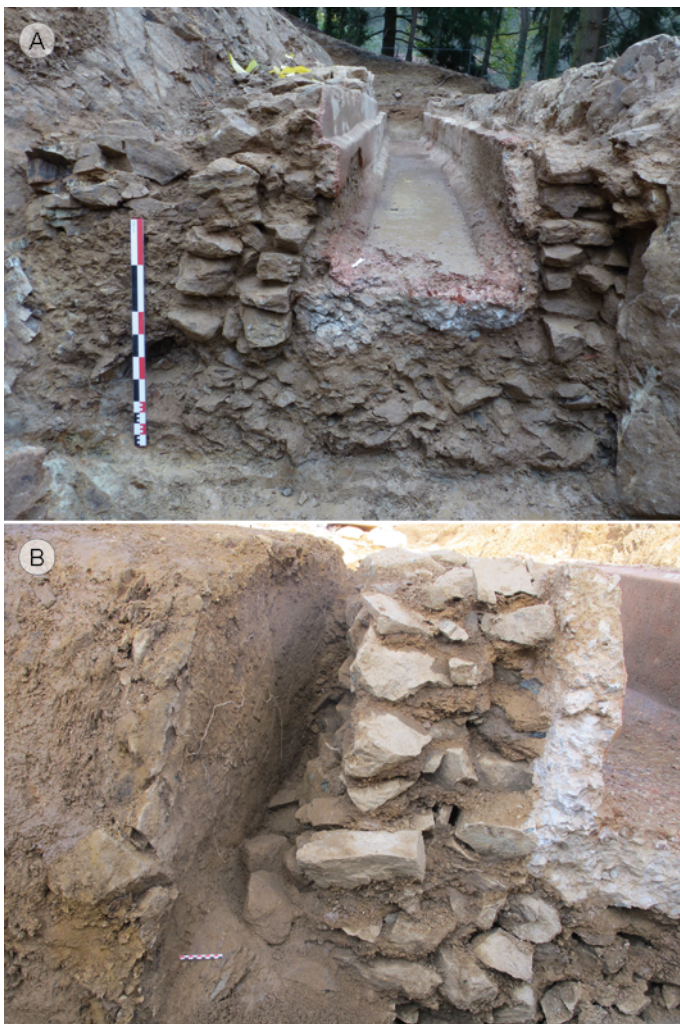


Fig. 6 – Une réparation du cuvelage (fig. 2, IV) de l'aqueduc de la Brévenne à Bachely à Dardilly indétectable en surface : l'anomalie mise à nu par le gel (A) est restaurée à l'aide de fragments de terres cuites (B) plaqués de roche et masqués sous l'enduit (C) (clichés : Motte 2011, fig. 22).

Le cuvelage qui y est accroché en répercute l'inclinaison, produisant un frottement plus intense du flux en partie basse du *specus* dont l'érosion est accélérée. Le même fait est observé à 1 km de là vers l'aval, sur la fouille du Mas, à Saint-Pierre-la-Palud (fig. 7).



◀ **Fig. 7** – Une malfaçon sur les piédroits inférieurs (fig. 2, III) inclinés vers l'intérieur du specus de l'aqueduc de la Brévenne à Saint-Pierre-la-Palud (Rhône): **A**, impasse de Lagay; **B**, le Mas (cliché A: Coquidé 2019, fig. 29; cliché B: Ferber 2013, fig. 15).



▲ **Fig. 8** – Des enduits de tuileau additionnels sur les piédroits supérieurs (fig. 2, V) de l'aqueduc de la Brévenne: **A**, au chemin du Ménéstrel à Dardilly (Métropole de Lyon); **B**, ZAC des Bruyères à Limonest (Métropole de Lyon) (cliché A: Valois 2018, fig. 32; cliché B: Monin 2011, pl. 19).

blocs en partie lié au mortier de tuileau qui est observé sur la face interne du sommet du piédroit gauche (Monin dir. 2011, p. 48-49). Cette installation présente quatre assises régulières formées de blocs oblongs qui évoquent une paroi en légère saillie dans le *specus*. Michèle Monin mentionne une réparation; l'hypothèse qu'il y ait là le point d'accroche d'un regard d'accès aujourd'hui disparu peut aussi être proposée¹⁸ (fig. 8).

À Dardilly, chemin du Ménéstrel, c'est l'ensemble du système d'étanchéité du canal qui est particulièrement soigné. On constate d'abord une utilisation extensive du mortier de tuileau dans la maçonnerie. Ce matériau apparaît en effet à l'intérieur du canal, sur 0,90 m de long et au moins trois assises de hauteur, intégré à la maçonnerie du sommet du piédroit gauche à l'endroit d'une courbe (fig. 8). Est-ce pour corriger un point de faiblesse de l'ouvrage – peut-être une fissure – ou, là encore, la présence d'un regard d'accès peut-elle être suspectée (Valois dir. 2018, p. 98)? Un mortier de tuileau de 1 à 3 cm d'épaisseur est aussi appliqué à l'arrière du même piédroit, là où s'établit le contact avec le drain (fig. 2; Valois dir. 2018, p. 103). L'espace dévolu à ce dernier y est, en outre, laissé libre sur près de 1 m de hauteur par la pose de dalles calcaires formant un toit. Inclinaison à l'opposé des maçonneries afin d'éloigner l'eau ruisselée du canal, ces blocs plats, parfois longs de 0,60 m, se chevauchent et prennent appui au plus haut sur

DES AMÉNAGEMENTS HORS NORME

Des aménagements inhabituels, dont il ne reste parfois que de fragiles indices, apparaissent au niveau des maçonneries, du drain ou des enduits. À Limonest, ZAC des Bruyères, c'est un ressaut de

18. Apparemment de largeur égale à celle du canal, ceux-ci sont difficiles à repérer et sont ainsi rarement observés sur cet ouvrage. L'origine de cette anomalie demeure donc incertaine.

le piédroit et au plus bas sur le redent de la tranchée d'installation (Valois dir. 2018, p. 102). Au-dessus, le drain retrouve une configuration classique, composée d'un amoncellement de blocs non liés au mortier. Cet agencement filtre la charge des particules les plus lourdes tout en laissant plus bas un espace conséquent pour stocker les argiles. Ce dispositif améliore dans la durée le confinement des eaux de ruissellement à distance du *specus*.

Les travaux de finition montrent aussi quelques singularités. Ainsi, l'emploi de peinture rouge sur les enduits de tuileau (fig. 9) est repéré sur deux sites à Saint-Pierre-la-Palud : au chemin de Lagay et au Mas (Ferber dir. 2013, p. 67 ; Coquidé dir. 2019, p. 97-99). Il s'agit d'une ultime couverture réduisant au maximum les frottements au passage de l'eau, voire protégeant la surface de l'enduit sous-jacent (fig. 2, VI-d). L'analyse des composantes par microfluorescence X et au microscope électronique à balayage révèle la nature minérale du pigment et met en évidence la présence d'oxyde de fer¹⁹. Ce dernier s'affiche parmi cinq à six autres oxydes, certains systématiquement représentés (silicium et aluminium), d'autres moins fréquemment (azote, sodium, magnésium, calcium et potassium)²⁰.

Un pigment analogue est observé sur l'aqueduc de Nîmes, dans le Gard (Fiches, Paillet 1991, p. 319). Ce « bol rouge » composé de « sable de quartz chargé d'oxyde ferrique mélangé à de la chaux » tapisse les parois mais aussi le fond primitif du canal (Manniez *et al.* 2011, p. 111-112). Un enduit rouge est également mentionné sur l'aqueduc romain de Montjeu à Autun où il est interprété comme une couverture de finition : « une couche de lissage recouverte d'un badigeon rouge vif »²¹ (Borau 2009, p. 468). Il reste à en évaluer la part sur l'aqueduc de la Brévenne où il n'apparaît à ce jour que sur les tronçons placés les plus à l'amont de son parcours en grand gabarit.

LA PROGRAMMATION DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION, D'APRÈS L'APPROCHE DE TERRAIN

Les étapes de la construction, telles qu'elles sont exposées précédemment, s'intègrent à un calendrier complexe qui doit faire aboutir un projet de grande ampleur tout en composant avec un environnement à fortes contraintes topographiques. Une fois le

parcours potentiel validé²², cette mise en œuvre ne s'effectue probablement pas en une seule fois. La réalisation d'un tel ouvrage implique une organisation rigoureuse intégrant un découpage efficace du chantier et une attention particulière portée à la question du nivellement.

UNE SEGMENTATION HIÉRARCHISÉE DES CHANTIERS TOUT AU LONG DU PARCOURS

La distance à parcourir, les obstacles topographiques à franchir et l'approvisionnement en divers matériaux imposent une organisation complexe et un fractionnement du chantier. Celui-ci s'organise d'abord en larges lots, et, à échelle moindre, en segments lorsque se concrétise la construction, étape par étape²³. Les traces imprimées dans les matériaux reflètent, quant à elles, le travail quotidien assuré par les bâtisseurs. L'exposé des données de fouille était cette lecture d'une mise en œuvre en « large lot/segment/geste quotidien ». Il permet également de mieux situer les divers indices relevés dans les maçonneries et les enduits dans la chaîne opératoire du chantier.

LES INDICES D'UNE PLANIFICATION PAR LARGES LOTS

Le tracé est d'abord scindé en larges lots. Une segmentation nécessaire, à même de permettre la planification optimale de l'approvisionnement en matériaux et la mobilisation des équipes par corps de métier. Les extrémités de ces segments correspondent peut-être à l'emplacement d'infrastructures à bâtir sur des points de passage problématiques. Sur la Brévenne, au moins un ou deux passages en siphon inversé, six chutes, quatre tunnels, trois ponts-canaux et de longues files d'arches permettent, respectivement, le franchissement de larges et profondes vallées, le saut de brusques et importantes déclivités, l'évitement de détours et la traversée de bas plateaux (Burdy 1993, p. 4-5 et 182). À titre d'exemple, les chutes qui se répartissent sur l'ensemble du tracé délimiteraient des lots d'environ 11 km de longueur²⁴. R. Fabre, P. Leveau et V. Dumas précisent que c'est à cette échelle que se décident les modalités finales du franchissement d'un relief sur l'aqueduc d'Arles : contourner ou couper au plus court, avec des motifs qui doivent autant à la cote des seuils altimétriques imposés par le relief qu'au coût induit par ces choix, main-d'œuvre et matériaux (Fabre *et al.*, dans ce volume).

Une étude technique du tracé de la Brévenne a conclu à un projet fonctionnel plutôt économique, évitant autant que possible les ouvrages complexes (Fage 1998-2000, p. 110-111). Ce travail chiffre en son temps le cubage des déblais à 700 400 m³ et estime que, maçonnerie comprise, le total des masses engagées dépasse les 1 200 000 m³, des volumes révélateurs, pour le moins, de l'organisation nécessaire à la bonne conduite du chantier.

19. Études de J.-F. Buoncristiani, UMR 6282 – Biogéosciences (BGS), université de Bourgogne, et O. Franc, Inrap (*in* Coquidé dir. 2019, p. 97-100 et 181). L'étude identifie aussi, sur plus d'une dizaine de mètres linéaires, au moins un enduit de surface surnuméraire blanc. L'hypothèse d'un concrétionnement dû au transport post abandon d'éléments carbonatés issus de la chaux des mortiers lessivés a été évoquée. La lame mince montre une matière fine et homogène, d'aspect lisse, voire lissé et micro-lité, sans aucune structure de croissance microbienne. Il s'agirait d'un enduit de lissage principalement composé de calcium, peut-être une couverture de réparation. Le fait est curieux : les enduits sous-jacents paraissent (localement) en relativement bon état et ne semblent pas nécessiter de reprise.

20. Certains enduits, à base d'huile mêlée à d'autres constituants (chaux éteinte, vin, poix, saindoux, cire, etc.), peuvent aussi tenir cet emploi en finition de divers aménagements (Léger 1979, p. 567).

21. L'usage de tels enduits dépasse le seul cadre des aqueducs pour s'étendre à d'autres vestiges liés à l'eau. Sur l'Ouest lyonnais, l'emploi d'un badigeon rouge est relevé sur les parois de l'un des bassins d'agrément de la villa de Goiffieux à Saint-Laurent-d'Agny (Rhône) (Poux dir. 2009, p. 146).

22. Cette seule opération est une gageure en soi et sans doute l'une des tâches les plus impressionnantes du projet.

23. P. Leveau rappelle les sources anciennes qui signalent de tels allotissements (Leveau 1991, p. 232-233). Il aborde le sujet et propose une approche différente fondée sur les levés topographiques fins de l'ensemble du tracé (Fabre *et al.*, dans ce volume).

24. Une distance un peu au-dessus des valeurs proposées pour le découpage du chantier sur les aqueducs de Cologne ou de Nîmes (Fabre *et al.*, dans ce volume).

Quelles traces attendre sur le terrain d'un tel allotissement dont l'échelle d'intervention est loin de celles qu'abordent les opérations de fouille ? La plus longue emprise décapée sur le réseau des aqueducs lyonnais concerne justement celui de la Brévenne. Elle « n'est que » de 110 m au Bachely à Dardilly (Motte dir. 2011). Existe-t-il, quelque part, la trace de « grands raccords » qui prendraient la forme de césures impactant en un seul lieu toute la hauteur du conduit ? Un tel fait serait un point de faiblesse majeur pour la cohésion de l'ouvrage et a peut-être été évité. Il resterait quoi qu'il en soit difficile à repérer. Un tel raccord semble néanmoins s'imposer sur le Gier à la Billannière à Saint-Maurice-sur-Dargoire²⁵ (Rhône). Quatre regards y affichent des entraxes beaucoup trop courts qui peuvent révéler l'aboutement de deux lots alors qu'il ne reste pas suffisamment de distance pour respecter les intervalles d'usage de puits à puits, soit 77 m environ (Burdy 2014, p. 34-40).

Ce sont finalement des anomalies qui témoignent d'une partition à grande échelle du chantier et confirment l'implication de plusieurs équipes travaillant en même temps sur le tracé. L'application de techniques particulières sur certains tronçons de l'aqueduc semble ainsi relever du choix délibéré d'un constructeur, tel l'usage de peinture rouge sur l'enduit final (fig. 9). Les deux sites de Saint-Pierre-la-Palud où cette particularité est repérée – le chemin de Lagay et le Mas – ne sont distants que de 1 km l'un de l'autre.

Plus loin vers l'aval, à Dardilly, au chemin du Ménestrel, c'est le soin apporté à l'étanchéité du canal qui dépasse de loin les standards du chantier de construction. L'emploi renforcé de l'enduit de tuileau au sommet et à l'arrière du piedroit gauche et le profil particulier du drain n'ont pas encore été observés ailleurs (fig. 2). Ces anomalies évoquent une certaine liberté d'entreprendre, par lot et par corps de métier. Celle-ci a déjà été évoquée à propos des « fantaisies » réalisées lors de l'assemblage de certains des parements réticulés de l'aqueduc du Gier où apparaissent, selon les lieux, divers décors géométriques, au gré de la juxtaposition de blocs de natures et de teintes différentes (Savay-Guerraz 2015).

UNE CONSTRUCTION SEGMENTÉE

Au sein de chaque lot, la construction progresse segment par segment, là où se concrétisent les huit étapes évoquées plus haut. Les plans masses livrent ainsi fréquemment un tracé brisé qui ne se discerne qu'en perspective, notamment dans les courbes. Il s'agit d'une suite de sections droites qui se distinguent les unes des autres par une modification d'orientation plus ou moins marquée. Celles-ci sont concomitantes de la mise en œuvre initiale du projet et leur tracé correspond peut-être à l'implantation des jalons du géomètre qui guident le creusement de la tranchée d'installation (étape I).

Ces sections varient en longueur, les plus courtes étant localisées à l'endroit des courbes les plus resserrées du tracé. Leurs extrémités gauches et droites ne sont pas toujours en vis-à-vis et marquent parfois un net décalage (fig. 10, A). Le tronçon le plus réduit (2 m) est relevé à Dardilly, au chemin du Ménestrel (Valois dir. 2018, p. 152), le plus long (32 m) l'est au Bachely à Dardilly, où rien n'interdit d'y voir une suite de plusieurs segments de même orientation (Motte dir. 2011, p. 98). C'est le cas

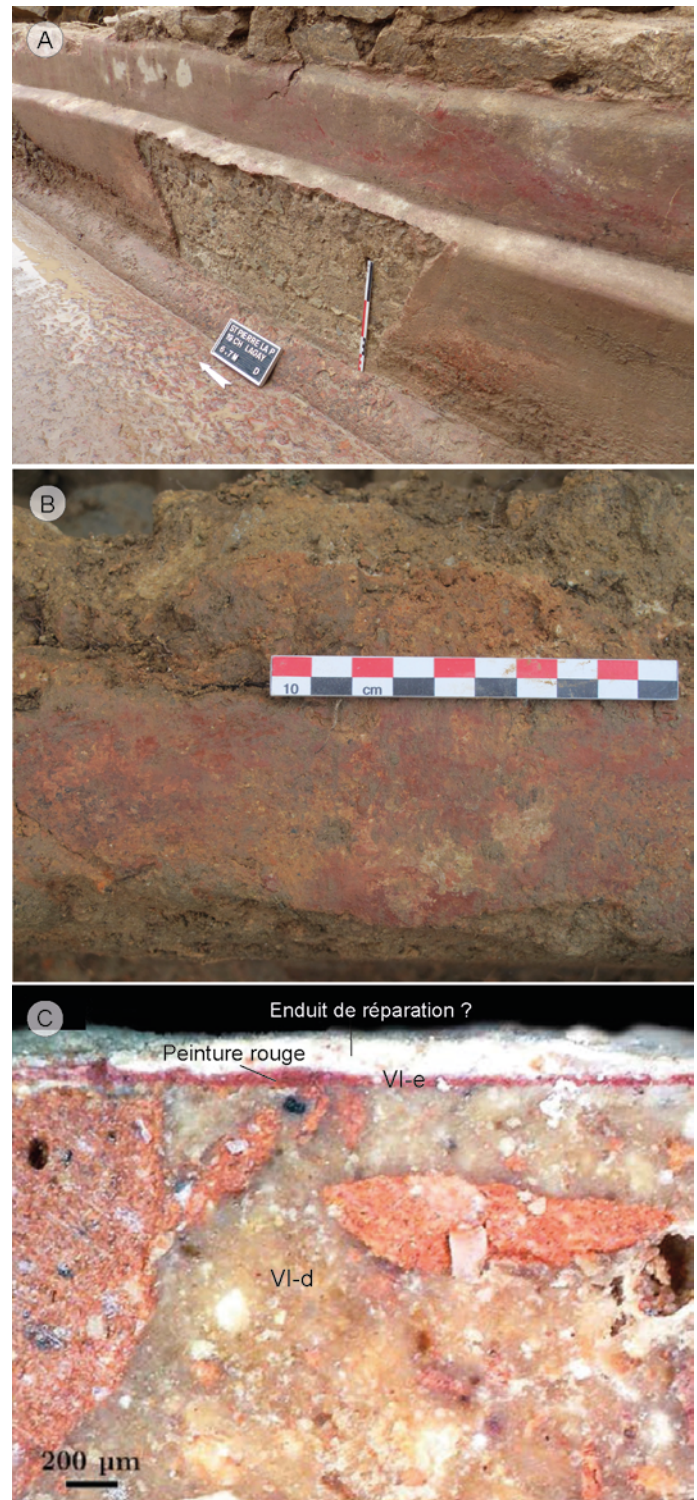


Fig. 9 – Emploi de peinture rouge sur l'enduit final (fig. 2, VI-d) de l'aqueduc de la Brévenne à Saint-Pierre-la-Palud : A, au chemin de Lagay ; B, au Mas ; C, lame mince d'un échantillon prélevé sur le site du chemin de Lagay. VI-d, dernier enduit de tuileau ; VI-e, couche de finition, ici le pigment rouge (clichés A et B : Coquidé 2019, fig. 32, fig. 40 ; Ferber 2013, fig. 20 ; cliché C : J.-F. Buoncristiani, Biogéosciences).

à la ZAC des Bruyères à Limonest, où la disparition soudaine du drain sur une longue section rectiligne engagée sur un secteur relativement plan voit la largeur de l'une des tranchées se réduire brusquement (Ardouin dir. 2015, pl. 14).

25. Ancienne commune qui a fusionné le 1^{er} janvier 2017 avec les communes de Saint-Didier-sous-Riverie et de Saint-Sorlin pour former la nouvelle commune de Chabanière.

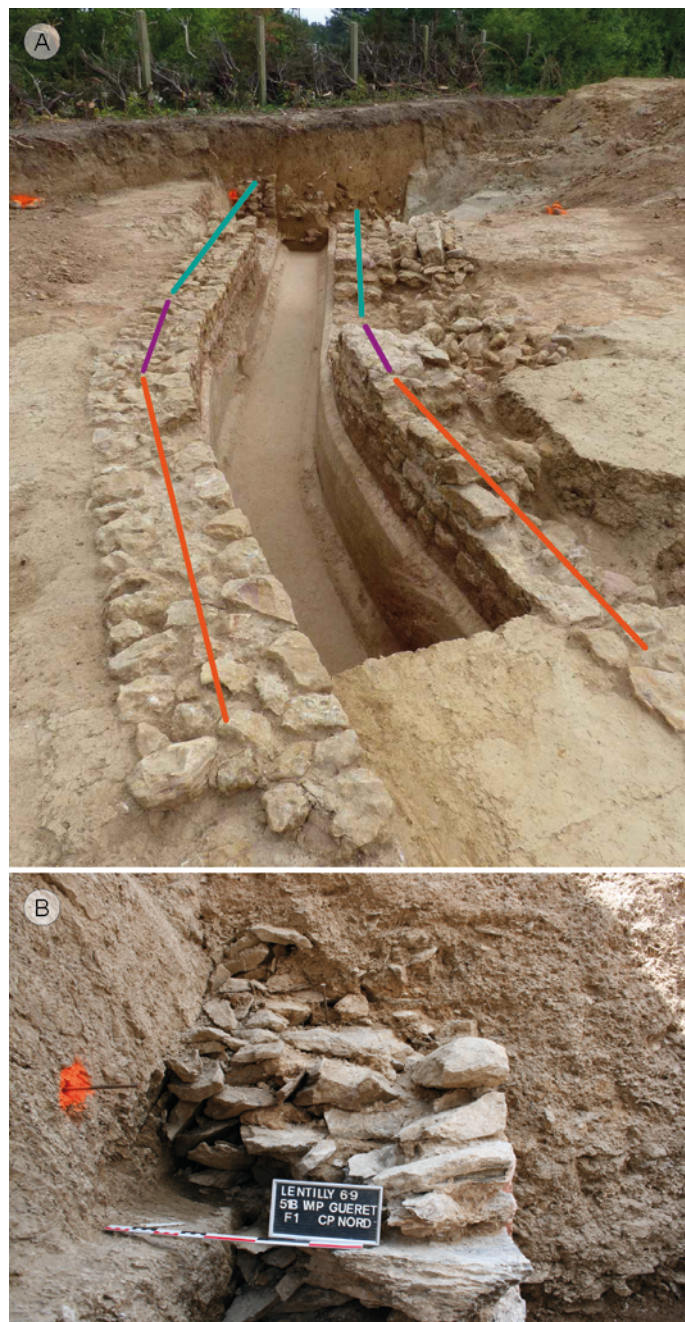


Fig. 10 – Une tranchée d'installation (fig. 2, I) de l'aqueduc de la Brévenne segmentée au chemin du Ménéstrel à Dardilly (A) et excavée en deux temps au 51bis impasse du Guéret à Lentilly (B) (DAO: A. Valois, Inrap; cliché A: Valois 2018, fig. 26; cliché B: Coquidé dir. 2014, fig. 16).

Cette segmentation se retrouve à Lyon sur l'aqueduc du Gier (Coquidé, Macabéo 2010, p. 466), ou ailleurs, sur l'aqueduc desservant la villa de Vareilles à Paulhan dans l'Hérault (Mauné *et al.* 2005, p. 139-140). À Orléans (Loiret), un « repentir » dans l'implantation du tracé de l'aqueduc de la Fontaine de l'Étuve permet d'observer un tel découpage sur un parcours rectiligne. Deux segments de 47 et 62 m de long sont abandonnés en l'état. Ils sont encore séparés par une bande de terre interprétée comme une zone de passage facilitant les déplacements, un reliquat à retirer dès lors que le chantier avance (Courtois *et al.*, dans ce volume).

En revanche, cette segmentation initiale du programme de construction n'est pas adaptée à la mise en œuvre ultérieure des maçonneries. Celle-ci requiert en effet le travail d'ateliers aux compétences variées (Fiches, Paillet 1991, p. 318-319; Michel *et al.* 2002, p. 236), chacun répondant à des contraintes qui lui sont propres en termes de manutention, de temps de façonnage, de pose et de séchage. Le chantier doit assumer une avancée constante, engageant tous les corps de métier, chacun œuvrant à une certaine distance du précédent. Étape par étape, les surfaces de raccordement sont sans doute réalisées à des endroits différents, afin d'assurer une meilleure cohésion à l'ouvrage.

Que peut-on percevoir de cette avancée du travail sur les sites fouillés ? Quelques césures visibles à différents niveaux des maçonneries résultent de cette segmentation des tâches, mais elles restent peu nombreuses, difficiles d'accès pour certaines, invisibles pour d'autres. Percevoir le rythme de pose en observant une suite de ruptures est encore moins fréquent (fig. 11, C).

Des césures franches (« coups de sabre »), failles obliques montrant une nette interruption dans la construction, sont lisibles sur les piédroits lorsque les enduits se sont affaîssés. À l'aune du réseau lyonnais, ils ne sont, à ce jour, enregistrés que sur l'aqueduc du Gier²⁶ (Dumoulin 1999, p. 198; Coquidé, Macabéo 2010, p. 472). Leur inclinaison montre parfois une mise en place à rebours de la future circulation de l'eau. D'autres césures sont lisibles sur l'extrados de la voûte ; elles n'ont à ce jour jamais pu être corrélées avec celles, beaucoup plus fréquentes, des négatifs de cintre ayant servi au montage de la voûte sur les intrados (Coquidé, Macabéo 2010, p. 477-478).

Une pente localement très marquée au niveau du fond du canal, là où un ajustement altimétrique s'avère nécessaire, pourrait à son tour témoigner du raccordement de deux segments (fig. 12). Un tel cas de figure est illustré sur le chantier de Saint-Pierre-la-Palud, chemin de Lagay, où une dénivellée de 5 cm sur moins de 1 m de distance révèle peut-être une jonction problématique. La présence de deux modestes fosses, placées en vis-à-vis de part et d'autre du canal deux mètres à l'amont de ce point, mérite d'être remarquée. Seuls vestiges de cette catégorie sur le décapage, elles peuvent être interprétées, à titre d'hypothèse, comme les indices d'un bornage marquant de loin en loin l'avancée du chantier. Bien que peu ancrés dans le sous-sol et symétriques, on pourrait aussi assimiler ces vestiges à des repères pérennes signalant plus tard le parcours de la conduite ou des points d'ancrage du découpage foncier, tels le bloc placé au droit d'un regard à Mailhac (Aude) ou celui, plus imposant, relevé *in situ* dans sa fosse à proximité du même canal (Harfouche *et al.* 2005, p. 129-130).

LES MARQUES D'UNE AVANCÉE AU JOUR LE JOUR

C'est à l'échelle microlocale que se perçoit le travail quotidien des ouvriers, révélant la répétition à l'identique d'une même tâche et le geste de celui qui met en forme.

26. Il n'a pas été possible de vérifier si la même interruption se répercutait sur le piédroit opposé ou en tout autre endroit du canal, ce qui aurait alors révélé une pause majeure du chantier.



Fig. 11 – Étapes et césures de pose à différents étages de la construction de l’aqueduc de la Brévenne : **A**, vues externes des maçonneries aux Thus à Saint-Pierre-la-Palud ; **B**, à la ZAC des Bruyères à Limonest ; **C**, traces de banchage du cuvelage (fig. 2, IV) au chemin de Lagay à Saint-Pierre-la-Palud (cliché A : base de données Patriarche, DVD Rouger 1995, neg. 006 ; cliché B : SAVL ; cliché C : C. Coquidé, Inrap).

Où tout est dans la répétition

Les aspérités relevées sur les surfaces plastiques que sont les mortiers et les enduits conservent la forme des coffrages en bois participant à la mise en forme du fond du *specus* ou de la voûte.

Les parois du cuvelage (fig 2, IV) gardent l’empreinte de leur ajustement pour peu que l’on pique les enduits de tuileau qui les recouvrent. Au chemin de Lagay à Saint-Pierre-la-Palud, la longueur d’un cadre de pose (soit environ 0,50 m) a été constatée grâce à une nette saillie verticale du mortier sur toute la hauteur de l’élément (Coquidé dir. 2019, p. 89). Un étagement de trois planches de 18 à 20 cm de largeur chacune y est distingué, la base du banchage restant masquée par le quart-de-rond (fig. 11, C). À l’arrière, le mortier semble s’ajuster aux aspérités des parois maçonnées sans aménagement particulier (Monin dir., 2011, pl. 46).

Les négatifs des bois de montage de la voûte sont plus aisément accessibles, dévoilant la longueur de chaque cintre et le nombre des planches qui le composent. De telles traces sont peu observées sur le canal de la Brévenne où la voûte est rarement préservée. Quand elles le sont, le profil du cadre semble différent de celui du Gier (Coquidé, Macabéo 2010, p. 477), plus anguleux avec de plus larges planchettes (voir vignette sur la fig. 1 ; site des Thus dans Rouger 1995 ; clichés inédits des Thus dans Coquidé dir 2019, p. 106).

L’épiderme des enduits de tuileau ne livre, à ce jour, aucune trace particulière sur la Brévenne. Sur l’aqueduc du Gier à Saint-Joseph, au Rieu, l’exploration d’une section en tunnel, particulièrement

bien préservée, révèle des ondulations sur la limite supérieure de l’enduit. Celles-ci s’inclinent dans un sens puis un autre sur un peu plus de 1 m de longueur, reflétant la portée du bras finalisant la pose (Dumoulin 1999, p. 198).

L’environnement du chantier

Les développements relatifs à l’activité quotidienne du chantier de construction sont l’occasion de revenir sur un commentaire récurrent concernant la mise en place du réseau des aqueducs lyonnais. Il s’agit de celui mentionnant des « chantiers propres (*sic*) », où les vestiges associés à la construction ou à l’entretien sont systématiquement absents, les canaux eux-mêmes n’étant pas ou rarement pollués par des inclusions intrusives de type charbon de bois, céramique et autres terres cuites. S’il reste vrai que l’environnement immédiat des aqueducs (hors arrivée sur Lyon) est étonnement pauvre en vestiges au vu de ce qu’impliquent la complexité et le volume des travaux engagés, la multiplication des opérations de diagnostic et de fouille livre finalement des indices qui permettent de nuancer ce propos.

L’environnement des canaux conserve bien quelques traces des chantiers. Des mobiliers céramiques ou des charbons de bois apparaissent parfois au cœur des maçonneries (Borlenghi, Coquidé, dans ce volume)²⁷. Autour, quelques structures paraissent contempo-

27. Ou encore la mise au jour d’un clou de chaussure piégé dans le mortier (fig. 2, VI-a) à Dardilly (Valois dir. 2018, p. 99).

raines du canal, telles celles signalées précédemment ou d'autres encore, antérieures à la mise en place des maçonneries (Ardouin, André-Chaze, dans ce volume) Au 51bis impasse du Guéret à Lentilly, le comblement d'une modeste tranchée recoupée par le piédroit gauche livre en effet plusieurs dizaines de petits fragments de terres cuites architecturales et de nodules d'enduit de tuileau (Coquidé dir. 2014, p. 96-97). Ces inclusions, absentes de la stratigraphie, confirment bien la présence de déchets aux abords de l'aqueduc. Ils sont ici piégés dans une structure en creux conservée grâce à un replat de la pente qui a favorisé l'installation d'une plus épaisse colluvion. Cette opportunité s'est également présentée à Limonest, ZAC des Bruyères (Monin dir. 2011, p. 57), et à Dardilly, chemin des Cuers²⁸ (Eschbach dir. 2008, p. 50-51), où des amas de terres cuites et de mortier interprétés comme des aires de stockage de matériaux ont été préservés au sein de modestes dépressions.

Si le rôle qu'a tenu l'érosion dans l'effacement des nombreux ateliers qui se sont succédé est donc un fait, il reste néanmoins vrai que la rareté des indices conservés à proximité des canaux continue de surprendre. Elle reflète aussi sans doute un mode de fonctionnement particulier du chantier : une organisation fondée sur la mobilité des équipements à même d'assurer l'avancée des travaux où les aménagements pérennes et solidement fondés n'est pas requise, du moins pas à proximité immédiate²⁹.

LE NIVELLEMENT, QUELQUES POINTS DE RÉFLEXION

La question du nivellement est au cœur des préoccupations dès les prémices de la commande, lorsqu'il faut étudier la faisabilité d'un tracé (Fiches, Paillet 1991, p. 318). Son ajustement est l'aboutissement d'un impressionnant travail de repérage tridimensionnel au travers d'un territoire au relief accidenté dont le couvert végétal restreint souvent la portée de la visée. Alors que l'on ignore beaucoup du déroulé, et sans doute des tâtonnements, de cette phase primordiale, d'autres levés restent à venir afin de maîtriser la hauteur de la course de l'eau tout au long de la construction.

Les opérations de terrain permettent d'illustrer trois de ces campagnes de levés altimétriques placées à des étapes clés de la construction. Elles donnent également l'opportunité d'en examiner le résultat, soit la pente du canal à divers endroits de son parcours.

AU MOINS TROIS CAMPAGNES DE LEVÉS ALTIMÉTRIQUES D'AMPLEUR

Trois campagnes de levés sont présentées ci-dessous. Les deux premières, attachées respectivement au repérage du tracé puis au creusement de la tranchée d'installation (étape I), s'enchaînent. La troisième, associée à la pose du fond du canal (étapes IV-a et/ou VI-a), intervient plus tard alors que l'ouvrage a pris forme.

28. Aux Cuers, le canal est aérien et seules les fondations d'une file d'arches sont conservées. Pour illustration de ces amas pourvoyeurs de mobilier céramique, voir Borlenghi, Coquidé, dans ce volume.

29. C'est ce qui est observé sur le chantier de restauration de la longue file d'arches du Gier au Plat de l'Air à Chaponost où le stockage et la transformation des matériaux n'impactent en aucune façon le substrat.

La définition d'un parcours

La localisation des sources de captage potentielles ainsi que la reconnaissance des reliefs à traverser est un travail qui impressionne d'autant plus que l'on a pu en constater les difficultés sur le terrain.

Les monts du Lyonnais présentent des vallées profondes et parfois très encaissées. Certaines des pentes abordées par le canal sont inclinées à près de 40 %, la station debout y est littéralement problématique. La végétation dense et le couvert forestier, pour être sans doute un peu différents de ceux de l'époque romaine, limitent les visées à une dizaine de mètres. Que les géomètres explorent le relief en suivant les courbes de niveau ou coupent court à travers les vallons, qu'ils aient bénéficié ou non d'assistance locale pour reconnaître certaines particularités topographiques, la tâche a dû être rude et sans doute coûteuse en temps. De nos jours encore, poser une altitude rattachée au nivellement général de la France (NGF) lors d'une opération localisée loin des zones habitées et sans point géodésique tridimensionnel à proximité reste une gageure³⁰. Une altitude exacte n'est néanmoins peut-être pas recherchée par les géomètres, du moins à ce stade du projet, la mise en évidence d'un potentiel quant à sa faisabilité a pu suffire. Charge aux travaux à venir d'affiner au fil du chantier le calage altimétrique de l'ouvrage.

Le déroulé de cette exploration et son ancrage au sol impliquent la pose de repères pérennes à même de fonder la mise en place des étapes suivantes. Ces jalons portant une information à la fois planimétrique et altimétrique peuvent prendre diverses formes, bornes solidement plantées ou plateaux taillés sur le rocher affleurant. Dans ce dernier cas, le parcours le plus en amont reste le plus favorable à ce type de mise en œuvre, des massifs rocheux émailant le parcours jusqu'à la commune de Lentilly.

Le creusement de la tranchée d'installation (étape I)

Après un temps indéterminé pendant lequel la faisabilité du projet est validée, prend place le creusement de la tranchée d'installation qui matérialise la première étape des phases de construction et concrétise le parcours.

Le profil de cette tranchée montre, non pas systématiquement mais très régulièrement, un élargissement placé en partie haute à différentes hauteurs du creusement sur l'un ou l'autre de ses côtés (fig. 3, B ; fig. 10, B). Ceci peut traduire une mise en œuvre en deux phases : la première initiée en partie haute, la seconde en partie basse où l'excavation se resserre. Ce mode opératoire est observé lors du creusement des galeries « de la Perrotte » et « des Cantarelles » de l'aqueduc de Nîmes (Bessac 1991, p. 301-305, carte 8). Dans ce contexte particulier, le fonçage de la partie haute trace tandis que celui de la partie basse fonde et ajuste la hauteur de l'ouvrage. C'est en effet au plus bas que va s'appuyer la fondation, à une altitude nécessairement plus précise. L'aqueduc de Carhaix dans le Finistère propose une lecture similaire avec une galerie « de pilotage » souvent allongée en partie basse lors

30. L'indispensable technologie GPS (*Global Positioning System*) dorénavant couramment utilisée sur les opérations ne règle pas totalement le problème car dépendant de la qualité technique de l'appareil et, dans les cas cités ici, de la densité de la couverture végétale. Des anomalies au niveau de cotes enregistrées sur des opérations ouest-lyonnaises récentes quasi mitoyennes sont relevées.

Tabl. I – Épaisseurs des mortiers constituant la base du specus de l'aqueduc de la Brévenne lors des étapes IV-a et VI-a (fig. 2).

Chantiers, de l'amont vers l'aval	Étape IV-a fond du cuvelage	Étape VI-a fond du canal	Références
Saint-Pierre-la-Palud, chemin de Lagay	18 cm	10 cm	Coquidé 2019, p. 171
Saint-Pierre-la-Palud, le Mas	17 à 18 et 5 cm	9 à 11 ou 25 cm	Ferber 2013, p. 89
Lentilly, 51bis impasse du Guéret	env. 15 cm, irrégulier	6 à 8 cm	Coquidé dir. 2014, p. 121
Dardilly, impasse du Pinay	15 à 20 cm	7 à 8 cm	Motte 2011, p. 103
Dardilly, chemin du Ménéstrel	18 cm	12 cm	Valois 2018, p. 155
Limonest, ZAC des Bruyères	18 cm	16 cm	Monin 2011, pl. 18
Limonest, ZAC des Bruyères	10 et 14 cm	18 et 6/10 cm	Ardouin 2015, pl. 24 et 25

**Tabl. II – Altitudes de fond et pentes par section fouillée sur l'aqueduc de la Brévenne, lectures selon divers paramètres.
v: vers; C1 à C6: numéro de chute.**

Chantiers de l'amont vers l'aval	Longueur étudiée en m	Point kilométrique en m sur le tracé	Pente par segment interchutes 1 m/100 m (d'après Burdy 1993, p. 182)	Pente des fouilles par segment interchutes 1 m/100 m (de l'alt. amont à l'alt. aval)	Altitude amont de la fouille	Altitude aval de la fouille	Amont/aval en cm	Pente de la fouille en cm/m	Altitude max. de la fouille	Altitude min. de la fouille	Max/min. en cm	Pente de la fouille en cm/m	Références
Saint-Pierre-la-Palud, chemin de Lagay	16	v. 31 850	C3 à C4_0,13/0,24	C3 à C4_0,20	423,81	423,74	-7	0,43	423,82	423,73	-9	0,56	Coquidé 2019, fig. 25
Saint-Pierre-la-Palud, le Mas	19,50	v. 32 850	C3 à C4_0,13/0,24	C3 à C4_0,20	423,04	423,02	-2	0,10	423,09	423,02	-7	0,35	Ferber 2013, fig. 7
Lentilly, 51bis impasse du Guéret	16	v. 41 400	C3 à C4_0,13/0,24	C3 à C4_0,20	403,75	403,74	-1	0,06	403,75	403,72	-3	0,18	Coquidé dir. 2014, fig. 22
Dardilly, Bachely	110	v. 55 500	C5 à C6_0,09	C5 à C6_0,12	319,36	319,21	-16	0,14	alti. locale	null	-13	0,12	Motte 2011, p. 65 et archive fig. 38
Dardilly, chemin du Ménéstrel	15,50	v. 57 800	C5 à C6_0,09	C5 à C6_0,12	317,03	317,01	-2	0,13	317,03	316,99	-4	0,25	Valois 2018, fig. 36
Limonest, ZAC des Bruyères	95	v. 60 000	C5 à C6_0,09	C5 à C6_0,12	314,17	314,15	-2	0,02	314,22	314,10	-12	0,12	Ardouin 2015, pl. 27
Limonest, ZAC des Bruyères	12	v. 60 000	C5 à C6_0,09	C5 à C6_0,12	313,98	314	+2	+0,16	314	313,96	-4	0,33	Monin 2011-parc. Sud, pl. 26

de l'ajustement de la cote du forage (Provost *et al.* 2013, p. 214-215). Peut-être peut-on transposer ce mode opératoire à l'excavation de la tranchée d'installation en tranchée ouverte depuis la surface. Le projet est en effet similaire dans l'esprit : ancrer le parcours dans l'environnement par un premier contact avec le sous-sol, engageant le déblaiement massif de matières végétales et rocheuses, avant d'en préciser l'altimétrie fondée sur des prescriptions techniques requérant une plus grande précision.

Les points cotés du tracé, qui étaient implantés sur l'axe du parcours, ont pour partie disparu au sortir de cette étape. D'autres, placés à l'écart, sont potentiellement conservés pour servir lors

des phases de construction ultérieures, voire provisoirement relocalisés à l'intérieur de la tranchée d'installation. Ce fait est déduit d'une observation réalisée sur la tranchée d'un aqueduc dont le projet n'a pas été mené à terme. Il s'agit de ladite « tranchée supérieure » située (topographiquement) au-dessus de l'aqueduc du Gier (Blanc, Maza, dans ce volume). Deux petites plateformes y sont installées en surplomb et peuvent faire office de repère altimétrique. Une autre est observée sur le même parcours, au-dessus du fond du creusement et à la jonction de deux segments divergents, où elle peut servir de repère coté pour une longue section du projet (Litaudon 2016, p. 55).

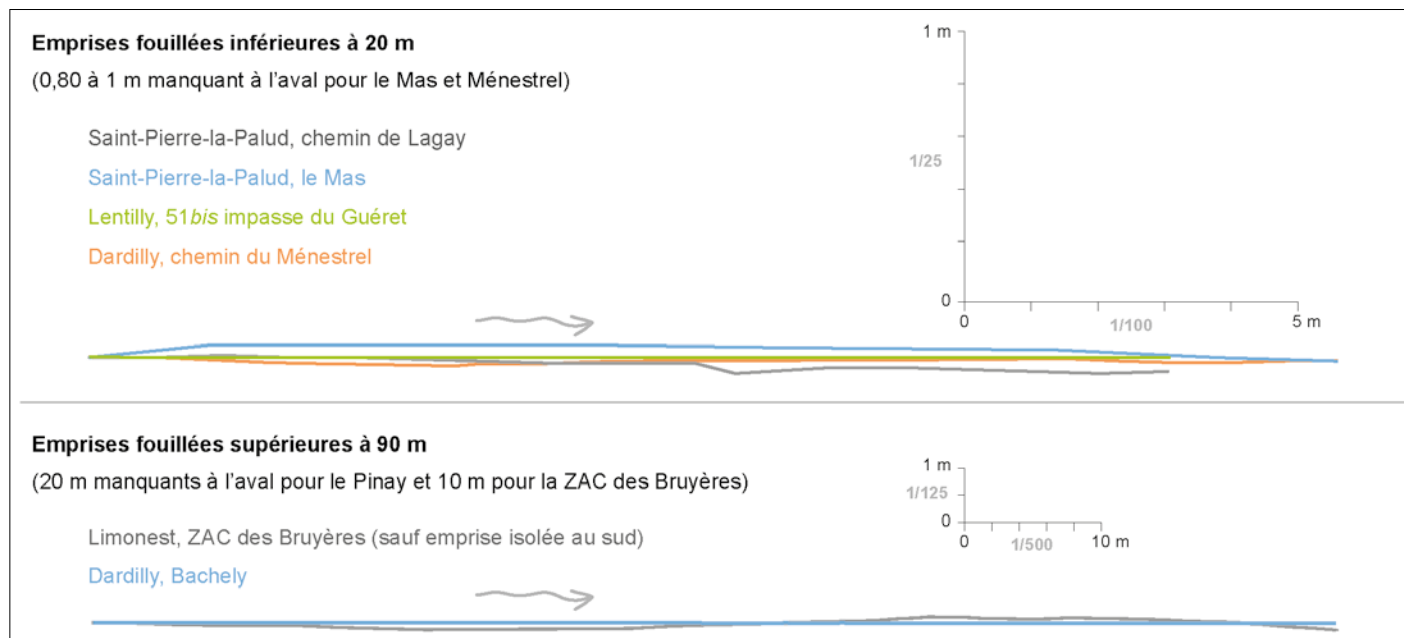


Fig. 12 – Les pentes des sections fouillées sur l'aqueduc de la Brévenne : relevés à échelles différenciées avec un rapport Y/X au quart (relevés : E. Bayen, J. Boudry, C. Coquidé, F. Notier et A. Valois, Inrap ; d'après Motte 2011, documentation topographique non paginée ; Ferber 2013, fig. 7 ; Coquidé dir. 2014, fig. 16 ; Valois 2018, fig. 36 ; Coquidé 2019, fig. 25 ; SAVL d'après Ardouin 2015, pl. 27 ; DAO : C. Coquidé, Inrap).

La fondation du *specus* (étapes IV-a et VI-a, fig. 2)

La précision de la cote revêt à l'évidence une importance accrue lors de la mise en forme du *specus* puisque c'est elle qui conditionne au plus près l'altitude à laquelle va circuler l'eau. Deux étapes de pose, utilisant chacune un mortier particulièrement dur, lui correspondent : la mise en place de la base du cuvelage (fig. 2, IV-a) et à sa suite celle du fond du canal (fig. 2, VI-a) (tabl. I).

Alors que ces deux éléments admettent une certaine irrégularité dans leur épaisseur, c'est néanmoins la valeur liée au fond du *specus* (fig. 2, VI-a) qui supporte les variations les plus importantes. Cette valeur augmente notamment lorsque l'épaisseur du fond du cuvelage (fig. 2, IV-a) est irrégulière ou s'affine. Il apparaît donc que, si les deux étapes de pose interagissent, c'est bien la pose du mortier (fig. 2, VI-a) qui traduit l'objectif altimétrique final de l'ouvrage. Il peut même être ragréé à l'aide d'un mortier de tuileau supplémentaire lorsque cela est jugé nécessaire, à l'image d'un exhaussement de 10 cm du fond du canal à Limonest, ZAC des Bruyères (Ardouin dir. 2015, p. 45 et 69, pl. 25 : Us 2033).

Les repères altimétriques nécessaires à cette étape de pose ne doivent pas être très éloignés les uns des autres, ils pourraient même être insérés au haut des piédroits. Aucun n'a été repéré sur la Brévenne³¹.

PENTES ET CONTRE-PENTES

Six profils en long, de portées variables, permettent d'aborder localement la question de la pente. Quatre interventions relèvent le fond du canal sur une quinzaine de mètres, une cinquième sur 95 m

(il s'agit là en fait de deux opérations quasi mitoyennes), la dernière s'étendant sur l'exceptionnelle longueur de 110 m. L'illustration de ces profils s'exprime *via* un graphique à échelles différenciées avec un rapport au quart entre les deux axes, un choix à même d'en rendre lisibles les ondulations, mais sans excès (fig. 12)³².

Vue d'ensemble

L'illustration graphique des pentes montre de fréquentes irrégularités d'ordre (pluri-) centimétrique, quelle que soit la localisation de la section étudiée sur le parcours (fig. 12).

Le tableau II aborde ces variations par emprise, au gré de deux approches. L'une considère l'altitude minimale et maximale du fond, l'autre l'altitude à l'entrée et à la sortie du site, cette dernière étant celle qui a traditionnellement la faveur des auteurs.

Alors que les segments avec une déclivité quasi nulle sont rares, pentes et contre-pentes alternent sans discontinuer. Là où la longueur du décapage le permet (Limonest, ZAC des Bruyères), on observe des pans en descente ou en montée sur 20 à 30 m de long intégrant des oscillations mineures. Tous sites confondus, la dénivellée observée entre les points à l'entrée et à la sortie du canal s'échelonne de 1 à 16 cm avec une fréquence accrue des occurrences entre 1 et 2 cm. Ramenée au mètre linéaire exploré, la pente varie de 0,02 à 0,43 cm/m, cette dernière mesure étant marginale. Il apparaît même une contre-pente de plus 2 cm, soit de 0,16 cm/m, sur un segment relativement long.

Considérant cette fois l'écart maximum observé entre l'altitude la plus basse et la plus élevée de chaque segment fouillé, les valeurs s'échelonnent de 3 à 13 cm. Ramenées au mètre, les pentes

31. Ce cas de figure est observé sur l'aqueduc du Gier où le fond du canal est posé de 0,23 à 0,25 m plus bas que des fiches en fer insérées dans les parois droite ou gauche (Coquidé, Macabéo 2010, p. 473-474).

32. Deux échelles différenciées ont été choisies afin de permettre l'affichage d'emprises de longueur très différente.

varient alors de 0,12 à 0,56 cm. S'agissant de mesures extrêmes, ces valeurs sont logiquement plus hautes que les précédentes ; la contre-pente de Limonest, ZAC des Bruyères, n'y apparaît pas.

Si ces oscillations surprennent sur la Brévenne, c'est que « l'aqueduc-phare » du réseau lyonnais (celui du Gier) est réputé présenter une pente plus régulière³³. Le motif de ces ruptures de pente et l'alternance de pentes/contre-pentes interrogent plusieurs auteurs. Ces variations sont communes à de nombreux aqueducs et reconnues de longue date, par exemple sur les aqueducs de Metz (Moselle), Nîmes ou de Rome (Italie), *Anio Vieux*, *Marcia* et *Virgo* sur leur parcours final (Léger 1979, p. 563-565). Alfred Léger propose ici d'attribuer celles-ci à un choix technique, une vitesse accrue permettant de limiter « l'échauffement » ou d'éviter les curages dans des secteurs difficiles. Un manque de précision dans les « expressions mathématiques » permettant de combiner les différentes variables y est également évoqué. Éric Leroy (dans ce volume) évoque plutôt la possibilité que certaines contre-pentes ralentissent l'eau à dessein à l'amont d'un changement de direction marquée (aqueduc du Gier), sans toutefois exclure d'autres causes ailleurs. Sur la Brévenne, rien n'indique pour l'instant que ces variations, quasi systématiques et potentiellement génératrices de turbulences, soient planifiées.

La gestion de la pente, un objectif global

Les ratios de pente relevés localement lors des fouilles, une fois comparés aux valeurs proposées sur de plus longs segments (par exemple entre les six principales chutes du tracé) sont parfois en-deçà, mais le plus souvent au-delà des propositions anciennes telles que publiées par Jean Burdy (tabl. II, col. 3 ; Burdy 1993, p. 182, fig. 68 à 77). Toutefois, une fois pondérées avec la distance réellement parcourue selon le palier³⁴, les altitudes enregistrées sur les opérations préventives produisent des chiffres proches de ceux avancés il y a 30 ans (tabl. II, col. 4 et 5). Ce que les publications anciennes attestent s'illustre ici : la pente ramenée au mètre à l'échelle de quelques dizaines de mètres linéaires³⁵, pour être indispensable à l'exercice, n'est pas l'unité de mesure la plus adaptée.

C'est à l'échelle du projet global qu'il faut s'interroger, par exemple sur la fréquence et le contrôle de seuils qui assurent le maintien d'une altitude permettant de garantir l'objectif final. Dans le cas de la Brévenne, ils doivent s'intégrer à un cadre pré-établi qui se superpose naturellement et *a minima* aux paliers entre les chutes. Et sur la majeure partie amont du parcours, contrôler la vitesse de l'eau est donc sans doute plus problématique que la maintenir à un niveau suffisant pour atteindre Lyon.

*

* *

33. On en a même un peu exagéré la régularité en ne retenant qu'une inclinaison moyenne pour l'ensemble du tracé alors que sa pente évolue entre le captage et la destination (Burdy 1996, p. 5 et 282 ; Leroy, dans ce volume).

34. Les points kilométriques indiqués sur le tableau II restent approximatifs, de longs segments étant encore mal positionnés et, parfois, soumis à de conséquentes corrections suite à la fouille d'un tronçon (Coquidé dir. 2019, p. 79-80).

35. Les 284 mètres linéaires fouillés ne représentent que 0,40 % des 70 km estimés du tracé.

Dès son titre, ce travail affiche clairement son domaine d'expertise et choisit l'approche stratigraphique pour bâtir son discours. Cette exploration, que d'autres ont initié il y a plus de 50 ans, bénéficie dorénavant des procédures d'intervention en archéologie préventive. Elle permet, opération après opération, d'ouvrir des champs d'opportunité et d'observation nouveaux qui alimentent en continu le dossier.

Formaliser les étapes de construction d'un aqueduc, ici celui de la Brévenne à partir de son 18^e kilomètre, est un exercice qui a pu sembler aride, et sans doute l'est-il, à l'image de ce que devait être le quotidien des équipes chargées de manutentionner, mettre en forme et assembler les composantes de l'ouvrage. Cette approche a deux motifs :

- mettre en valeur la norme, déceler les spécificités d'un projet et ce qui s'en écarte, ses malfaçons ou ses anomalies ;
- tenter de replacer dans le processus de la construction les traces laissées par le chantier, ruptures lisibles à différents étages du montage ou modestes traces du geste de l'ouvrier.

Quelques singularités apparaissent aussi, des traces d'aménagements disparus que l'on peine à identifier. Au final, si aucune des composantes de l'aqueduc ne respecte strictement le même format, l'ensemble conserve une cohérence globale où les solutions techniques appliquées au confinement de l'eau transportée sont, ici, particulièrement abouties. Elles atteignent un niveau qui ne sera pas égalé sur le réseau des aqueducs lyonnais et conduisent à une mise en œuvre plus complexe et sans doute plus coûteuse.

Cette lecture stratigraphique et détaillée du conduit amène également à s'interroger sur l'organisation qu'impose un projet de construction d'une telle ampleur qui met en œuvre de multiples techniques d'ingénierie hydraulique. Le partage du chantier en larges lots puis, à un niveau moindre, en segments à construire et, enfin, en une suite d'ateliers avançant au jour le jour semblent s'imposer dès lors que l'on prend conscience des contraintes imposées par la topographie ouest-lyonnaise. L'étude des vestiges livre plusieurs évidences de ce fractionnement de la tâche et révèle des choix techniques qui peuvent différer d'un tronçon à l'autre.

Dans ce déroulé, l'altimétrie est bien la donnée fondamentale de l'entreprise. Savoir où capter l'eau et comment la conduire au travers du relief et de la végétation de l'Ouest lyonnais pour aboutir à la hauteur requise à destination est un défi en soi. Ce projet implique de pérenniser des jalons cotés tout au long du parcours afin de permettre les diverses campagnes de levés nécessaires à la finalisation de l'ouvrage. Parmi les toutes premières, on devine celle assurant la viabilité du tracé, suivie de celle conduisant à arrêter le plancher de la tranchée d'installation et, alors que la construction s'achève, celle assurant la fondation du fond du canal.

Ici, la (légendaire) régularité métrique romaine semble mise à mal. Sur le profil en long des segments fouillés, pentes et contre-pentes alternent sans discontinuer. Mais que sont ces emprises de courtes portées au regard des 70 kilomètres linéaires du parcours ? L'observation locale s'accorde mal avec le projet de l'ingénieur qui réalise l'exploit. Par ailleurs, en dehors de l'arrivée aux portes de la ville, conserver une altitude suffisante n'est pas son principal souci. Ce canal débute très haut et est contraint à de brusques chutes avant d'atteindre Fourvière. Contrôler le débit en limitant les effets de l'érosion d'un flux trop rapide ou inconstant semble alors un plus épineux problème à résoudre (Borau, dans ce volume).

Comme celui de la Brévenne, chaque aqueduc est un projet en soi. On peut alors se demander si une « mémoire technique » se transmet d'un chantier à un autre, lorsque l'une des caractéristiques d'une conduite plus ancienne est jugée contre-productive en termes de résultat et de coût. Ce constat influe-t-il la commande suivante ou celle-ci est-elle indépendante dans sa conception, attachée aux seules compétences et habitudes de l'ingénieur qui en accepte la charge ?

Finalement, c'est bien la place de chaque ouvrage au sein du réseau des canaux d'adduction lyonnais qui doit être interrogée. La Brévenne offre, vers le milieu du 1^{er} s. apr. J.-C., le plus haut débit disponible à une altitude encore jamais desservie (François, dans ce volume). Au moins un autre suivra (l'aqueduc du Gier) alors que celui-ci sera encore loin du terme de son exploitation.

BIBLIOGRAPHIE

SIGLES ET ACRONYMES

Afan	Association pour les fouilles archéologiques nationales.
Drac	Direction régionale des Affaires culturelles.
Inrap	Institut de recherches archéologiques préventives.
PULM	Presses universitaires de la Méditerranée.
RAN	Revue archéologique de Narbonnaise.
RAE	Revue archéologique de l'Est.
SAVL	Service archéologique de la ville de Lyon.
SRA	Service régional de l'archéologie.

RÉFÉRENCES

- Ardouin S. (dir.) 2015** : ZAC des Bruyères. Tranche 2. Chemin de la Bruyère. 69760 Limonest (Rhône), RFO de fouille archéologique préventive, Lyon, SAVL, 2 vol., 167 p.
- Bessac J.-C. 1991** : Le chantier du creusement des galeries du vallon des Escaunes à Sernhac, in Fabre G. et al. (dir.) 1991, p. 289-316.
- Borau L. 2009** : Nouvelle étude de l'aqueduc gallo-romain de Montjeu à Augustodunum (Autun, Saône-et-Loire), RAE, 58, p. 461-476.
- Borau L., Borlenghi A. (dir.) 2015** : Aquae ductus, *Actualité de la recherche en France et en Espagne, Actes du colloque international, Toulouse, 15-16 février 2013*, Bordeaux, Fédération Aquitania (coll. Suppl. à Aquitania, 33), 355 p.
- Burdy J. 1993** : L'aqueduc romain de la Brévenne. III. Lyon, Lyon, Comité départemental du pré-inventaire des monuments et richesses artistiques, 230 p.
- Burdy J. 1996** : L'aqueduc romain du Gier. IV. Lyon, Lyon, Comité départemental du pré-inventaire des monuments et richesses artistiques, 407 p.
- Burdy J. 2014** : Regards de l'aqueduc romain du Gier dans la vallée du Bozançon, *L'Araire*, 176, p. 25-40.
- Coquidé C. (dir.) 2014** : Lentilly (Rhône), 51bis impasse du Guéret, RFO de fouille archéologique préventive, Bron, Inrap Auvergne-Rhône-Alpes, 154 p.
- Coquidé C. (dir.) 2019** : Saint-Pierre-la-Palud (Rhône), 19 chemin de Lagay, RFO de fouille archéologique préventive, Bron, Inrap Auvergne-Rhône-Alpes, 202 p.
- Coquidé C., Macabéo G. 2010** : Les aqueducs antiques de Lyon : l'apport de l'archéologie préventive (1991-2007), RAE, 59-2, p. 447-504.
- Coquidé C. (dir.) 2021** : Mornant (Rhône), lieu-dit la Condamine, 9 rue des Rossignols, RFO de fouille archéologique préventive, Bron, Inrap Auvergne-Rhône-Alpes, 176 p.
- Dumoulin F. 1999** : Nouvelle fouille sur l'aqueduc du Gier à Saint-Joseph (Loire), *Revue archéologique du Centre de la France*, 38, p. 195-205.
- Eschbach F. (dir.) 2008** : Dardilly (Rhône), chemin des Cuers, « Le Tronchon », RFO de fouille archéologique préventive, Chadouillet, Archeodunum SA, 3 vol., 157 p.
- Fabre G., Fiches J.-L., Paillet J.-L. (dir.) 1991** : L'aqueduc de Nîmes et le pont du Gard : archéologie, géosystème et histoire, Nîmes, Conseil général du Gard, Paris, CNRS Éditions, 382 p.
- Fage J. 1998-2000** : Études sur l'aqueduc gallo-romain de Lyon-Brévenne, Mémoire de DEA, université de Provence, Aix-Marseille 1, 121 p.
- Ferber E. (dir.) 2013** : Saint-Pierre-la-Palud (Rhône), Le Mas, RFO de fouille archéologique préventive, Bron, Inrap Rhône-Alpes-Auvergne, 115 p.
- Fiches J.-L., Paillet J.-L. 1991** : Du projet d'adduction au démantèlement : faits, questions et hypothèses, in Fabre G. et al. (dir.) 1991, p. 317-333.
- Françoise-dit-Miret L., Coquidé C., Bellanca-Penel D., Boissard E. 2022** : Une collaboration méthodologique et scientifique autour des aqueducs antiques de Lyon, in Dossier : Archéologie nationale : recherche, expertise, patrimoine, *Archéopages : Archéologie et société*, Hors-série n° 6, p. 92-97.
- Grewe K. 1988** : Römische Wasserleitungen nördlich der Alpen, in Frontinus-Gesellschaft, *Die Wasserversorgung Antiker Städte*, Mayence, P. Von Zabern (coll. Geschichte der Wasserversorgung, 3), p. 45-97.
- Harfouche R., Sanchez C., Poupet P. 2005** : Aménagements hydrauliques et paysage rural de Narbonnaise à Mailhac (Aude), in Fabre G., Fiches J.-L., Leveau P. (dir.), Dossier : Aqueducs de la Gaule méditerranéenne, *Gallia*, 62, p. 119-130.
- Jeancolas L. 1986** : Les aqueducs antiques de Lyon, Avignon, Gonfaron (coll. Hors-série de la *Revue archéologique Sites*, 30), 104 p.
- Joly J.-L., Rossignol C. 1993** : ZAC des Noyeraies. Dardilly (Rhône), rapport de fouille de sauvetage, Lyon, Drac-SRA Rhône-Alpes, Afan, 62 p.

- Léger A. 1979 [repr. de 1875]** : *Les travaux publics, les mines et la métallurgie aux temps des Romains : la tradition romaine jusqu'à nos jours. XII : Les Aqueducs*, Nogent-le-Roi, J. Laget, p. 555-676.
- Leveau Ph. 1991** : L'aqueduc de Nîmes et les aqueducs antiques, in Fabre G. et al. (dir.) 1991, p. 223-250.
- Litaudon J.-C. 2016** : *L'aqueduc romain du Gier ou du Pilat*, Saint-Étienne, Groupe archéologique Forez-Jarez, 272 p.
- Manniez Y., Paillet J.-L., Pellé R. 2011** : Observations récentes sur des segments de l'aqueduc de Nîmes, *Bulletin de l'École Antique de Nîmes*, 29, p. 105-126.
- Mauné S., Paillet J.-L., Sekhari Z. 2005** : Les aqueducs de la villa de Vareilles à Paulhan (Hérault) : I^{er} s. av. J.-C.-III^e s. apr. J.-C., in Fabre G., Fiches J.-L., Leveau P. (dir.), Dossier : Aqueducs de la Gaule méditerranéenne, *Gallia*, 62, p. 131-145.
- Michel J.-M., Gébara C., Dubar M., Lanos P. 2002** : Chantiers et bâtisseurs, in Gébara C., Michel J.-M. (dir.), *L'aqueduc romain de Fréjus : sa description, son histoire et son environnement*, Montpellier, RAN (coll. Suppl. à la RAN, 33), p. 219-240.
- Monin M. (dir.) 2011** : *ZAC des Bruyères. Tranche 1. 69760 Limonest (Rhône)*, RFO de fouille archéologique préventive, Lyon, SAVL, 2 vol., 264 p.
- Monnoyeur-Roussel V. (dir.) 2020** : *La Tour-de-Salvagny (Rhône), Talweg de Cerqueminal*, RFO de diagnostic, Bron, Inrap Auvergne-Rhône-Alpes, 95 p.
- Motte S. (dir.) 2011** : *Dardilly (Rhône), Bachely, impasse du Pinay – lotissement « Vallon du Pinay »*, RFO de fouille archéologique préventive, Bron, Inrap Auvergne-Rhône-Alpes, 171 p.
- Poux M. (dir.) 2009** : *Villa de Goiffieux. Commune de Saint-Laurent-d'Agnay (Rhône)*, RFO de fouille programmée, Lyon, université Lumière Lyon 2, 477 p.
- Provost A., Leprêtre B., Philippe É. 2013** : *L'aqueduc de Vorgium/Carhaix (Finistère) : contribution à l'étude des aqueducs romains*, Paris, CNRS Éditions (coll. Suppl. à *Gallia*, 61), 352 p.
- Rivière F. 2015** : Mortiers et bétons dans les ouvrages d'adduction d'eau : étude de cas, in Borau L., Borlenghi A. (dir.) 2015, p. 69-75.
- Rouger E. 1995** : *D24E – Les Thus. L'aqueduc de la Brévenne à Saint-Pierre-la-Palud (Rhône)*, rapport de sauvetage urgent, Lyon, Drac-SRA Rhône-Alpes, Afan, 9 p.
- 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.
- Tronchère H., Gaillot S., Chomer C. 2015** : L'aqueduc de la Brévenne. Approche géoarchéologique régionale et éléments de discussion sur l'alimentation en eau de *Lugdunum*, in Borau L., Borlenghi A. (dir.) 2015, p. 287-304.
- Valois A. (dir.) 2018** : *Dardilly (Rhône) – 3 chemin du Ménestrel*, RFO de fouille archéologique préventive, Bron, Inrap Auvergne-Rhône-Alpes, 211 p.
- Valois A. (dir.) à paraître** : *Lentilly (Rhône) – 51 impasse du Guéret*, RFO de fouille archéologique préventive, Bron, Inrap Auvergne-Rhône-Alpes, 176 p.