



HAL
open science

**Région Auvergne-Rhône-Alpes / Département du Rhône
(69) TASSIN-LA-DEMI-LUNE Rapport d'Opération
d'Archéologie Préventive “ Les Massues ”**

François Eschbach, Aurélie Devillechaise, Pierre Camps, Camille Collomb,
Hugues Savay-Guerraz

► **To cite this version:**

François Eschbach, Aurélie Devillechaise, Pierre Camps, Camille Collomb, Hugues Savay-Guerraz. Région Auvergne-Rhône-Alpes / Département du Rhône (69) TASSIN-LA-DEMI-LUNE Rapport d'Opération d'Archéologie Préventive “ Les Massues ”. [Rapport de recherche] D.R.A.C. Auvergne-Rhône-Alpes Service Régional de l'Archéologie.; Archeodunum. 2017. hal-02367324

HAL Id: hal-02367324

<https://hal.science/hal-02367324>

Submitted on 17 Nov 2019

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.

Rapport d'Opération d'Archéologie Préventive

Volume I/I - Textes, figures et annexes

Chaponnay, mai 2017

Région Auvergne-Rhône-Alpes / Département du Rhône (69)

TASSIN-LA-DEMI-LUNE



Code INSEE : 69244

N° de site : 69244 22 12295

Arrêté de prescription de fouille du 20/02/2015

Arrêté d'autorisation n° 2016/803

Code opération Patriarche : 22 12295

Sous la direction de François Eschbach
Assisté d'Aurélie Devillechaise

Avec les contributions de :
Pierre Camps, Camille Collomb,
Hugues Savay-Guerraz,

Avertissement

Les rapports de fouille constituent des documents administratifs communicables au public dès leur remise au Service Régional de l'Archéologie, suivant les prescriptions de la loi n° 78-753 du 17 juillet modifié relative à l'amélioration des relations entre l'administration et le public. Aux termes de la circulaire du 26 mars 1993, ils pourront être consultés ; les agents des Services régionaux de l'archéologie rappelleront à tout demandeur les droits de propriété littéraires et artistiques possédés par les auteurs et les contraintes qui en résultent pour tout consultant. Les prises de notes et les photocopies sont utilisées pour un usage exclusivement privé et non destiné à une utilisation collective (article L122-5 du code de la propriété intellectuelle). Toute reproduction du texte accompagnée ou non de photographies, cartes ou schémas, n'est possible que dans le cadre du droit de courte utilisation, avec les références exactes et complètes de l'auteur et de l'ouvrage. Par ailleurs, l'exercice du droit à la communication exclut, pour ses bénéficiaires ou pour les tiers, la possibilité de reproduire, de diffuser ou d'utiliser à des fins commerciales les documents communiqués (Loi n°78-753 du 17 juillet, art. 10). Le non respect de ces règles constitue un délit de contrefaçon puni par l'article 425 du code pénal.

DÉPARTEMENT DU RHÔNE (69)

TASSIN-LA-DEMI-LUNE « Les Massues »

Rapport d'Opération d'Archéologie Préventive

Illustration de couverture : Pile 4 vue vers le sud-ouest

Sous la direction de : François Eschbach

Assisté de : Aurélie Devillechaise

Avec les contributions de : Pierre Camps, Camille Collomb, Hugues Savay-Guerraz,

Plan et mises au net : François Eschbach, Aurélie Devillechaise

Mise en page : Sandrine Swal

Sommaire

SECTION 1 : DOCUMENTS ADMINISTRATIFS

Fiche signalétique du site	9
Mots-clés des thésaurus	10
Générique de l'opération.....	11
Notice scientifique	12
Localisation du site à l'échelle régionale (1/250 000°)	13
Localisation du site à l'échelle régionale (1/25 000°)	14
Plan cadastral (1/1 000°).....	15
Copie de l'arrêté de prescription de fouille.....	16
Copie du cahier des charges scientifique	21
Copie de l'Arrêté d'autorisation	26
Copie de l'extrait du projet scientifique et technique d'intervention (PSTI).....	28

SECTION 2 : TEXTES ET FIGURES

1. Introduction	48
1.1 Cadre de l'intervention	48
1.2 Déroulement de l'opération et méthodologie	48
1.3 Contextes et principaux objectifs	50
1.3.1 <i>Aperçu géographique et géologique</i>	50
1.3.2 <i>Le contexte archéologique</i>	50
1.4 Rappel des principaux objectifs de l'intervention et leurs limites.....	51
2. Description des vestiges	53
2.1 Généralités.....	53
2.2 Les fondations	54
2.3 Les piles.....	56
2.3.1 <i>Epaulées et écoinçons</i>	56
2.3.2 <i>Les arases de briques</i>	61
2.3.3 <i>Les trous de boulins</i>	63
2.4 Les arches	63
2.4.1 <i>Les voûtes</i>	63
2.4.2 <i>Les arcs de tête</i>	65
2.4 Le « rampant »	66
3. Etudes spécialisées.....	68
3.1 Etude macroscopique des mortiers (C . Collomb)	68
3.1.1 <i>Méthodologie</i>	68
3.1.2 <i>Les mortiers de l'aqueduc</i>	68

3.2 Etude des matériaux lithiques (H. Savay-Guerraz).....	70
3.2.1 Les roches métamorphiques	70
3.2.2 Les roches calcaires	71
3.3 Analyses archéomagnétiques (Pierre Camps)	71
3.3.1 Prélèvement et préparation des échantillons	72
Description du prélèvement pour analyses archéomagnétiques.....	72
Préparation au laboratoire	72
3.3.2 Analyses magnétiques.....	72
Instrumentation :	72
Traitement des mesures :	73
Résultats :	73
Détermination de l'inclinaison moyenne :	75
Discussion sur la valeur de l'inclinaison moyenne :	75
3.3.3 Datation archéomagnétique.....	76
Courbe de référence et modèle utilisé :	76
Conclusion à la datation archéomagnétique :	77
4. Réflexions et hypothèses	80
4.1 Les étapes du chantier de construction.....	80
4.2 Le réservoir (?) de fuite	81
4.3 Hypothèses de restitution	82
5. Synthèse, perspectives et conclusion	86
6. Bibliographie.....	89

Figures

Liste des figures	92
Figures	94

SECTION 3 : ANNEXES ET INVENTAIRES

Annexe 1 : Inventaire des Faits archéologiques (F)	148
Annexe 2 : Inventaire des Unités Stratigraphiques et de Construction (US – UC)	149
Annexe 3 : Inventaire des Prélèvements	151
Annexe 4 : Inventaire des Relevés Graphiques (G)	153
Annexe 5 : Inventaire des Photos Numériques (PN)	154
Annexe 6 : Inventaire de la Documentation Ecrite (E).....	161
Annexe 7 : Inventaire de la Documentation Numérique (DN)	162

DONNÉES ADMINISTRATIVES, TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES

Fiche signalétique du site

Identité du site

Région :	Auvergne-Rhône-Alpes
Département :	Rhône
Commune :	Tassin-La-Demi-Lune (69160)
Adresse / Lieu-dit :	2 rue Claude Boyer / « Les Massues »
Code opération Patriarche :	22 12295
Cadastre :	section : AR ; parcelle : 116
Coordonnées Lambert III :	x = 1 838 894,00 ; y = 5 174 975,00
Altitude moyenne NGF :	273,00 m

Opération archéologique

Arrêté de prescription :	N° 15-122 du 20/04/2015
Arrêté d'autorisation :	N° 2016/803 du 06/06/2016
Titulaire :	François Eschbach
Opérateur :	Archeodunum SAS
Nature de l'aménagement :	aqueduc de la Brévenne ; restauration du réservoir de fuite du pont-siphon
Propriétaire :	DRAC Auvergne-Rhône-Alpes
Maître d'ouvrage :	DRAC Auvergne-Rhône-Alpes
Surface concernée :	450 m ²
Date d'intervention sur le terrain :	du 22/08 au 30/10 2016

Résultats

Problématique de recherche et principaux résultats :

Etude du bâti, techniques et mise en œuvre, datation par archéomagnétisme

Mots clés

Chronologie : antiquité romaine (gallo-romain)

Sujets et thèmes : aqueduc, hydrologie, architecture

Lieu de dépôt temporaire du matériel archéologique :

Archeodunum SAS, 500 rue J. Récamier, 69970 CHAPONNAY

Mots-clés des thésaurus

Thésaurus « Chronologie »

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Paléolithique | <input type="checkbox"/> Âge du Fer |
| <input type="checkbox"/> inférieur | <input type="checkbox"/> Hallstatt (premier âge du Fer) |
| <input type="checkbox"/> moyen | <input type="checkbox"/> La Tène (second âge du Fer) |
| <input type="checkbox"/> supérieur | <input checked="" type="checkbox"/> Antiquité romaine (gallo-romain) |
| <input type="checkbox"/> Mésolithique et Epipaléolithique | <input type="checkbox"/> République romaine |
| <input type="checkbox"/> Néolithique | <input checked="" type="checkbox"/> Empire romain |
| <input type="checkbox"/> ancien | <input checked="" type="checkbox"/> Haut-Empire (jusqu'en 284) |
| <input type="checkbox"/> moyen | <input type="checkbox"/> Bas-Empire (de 285 à 476) |
| <input type="checkbox"/> récent | <input type="checkbox"/> Epoque médiévale |
| <input type="checkbox"/> Chalcolithique | <input type="checkbox"/> Haut Moyen Âge |
| <input type="checkbox"/> Protohistoire | <input type="checkbox"/> Moyen Âge |
| <input type="checkbox"/> Âge du Bronze | <input type="checkbox"/> Bas Moyen Âge |
| <input type="checkbox"/> ancien | <input checked="" type="checkbox"/> Temps modernes |
| <input type="checkbox"/> moyen | <input checked="" type="checkbox"/> Epoque contemporaine |
| <input type="checkbox"/> final | <input type="checkbox"/> Ere industrielle |

Thésaurus « Interprétation »

Sujets et thèmes

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Edifice public | <input type="checkbox"/> Fossé |
| <input type="checkbox"/> Edifice religieux | <input type="checkbox"/> Sépulture |
| <input type="checkbox"/> Edifice militaire | <input type="checkbox"/> Souterrain |
| <input type="checkbox"/> Bâtiment commercial | <input type="checkbox"/> Abris |
| <input type="checkbox"/> Structure funéraire | <input type="checkbox"/> Mégalithe |
| <input type="checkbox"/> Voirie | <input type="checkbox"/> Artisanat alimentaire |
| <input checked="" type="checkbox"/> Hydraulique | <input type="checkbox"/> Argile : atelier |
| <input type="checkbox"/> Habitat rural | <input type="checkbox"/> Atelier métallurgique |
| <input type="checkbox"/> Villa | <input type="checkbox"/> Artisanat |
| <input type="checkbox"/> Bâtiment agricole | <input type="checkbox"/> Autre : |
| <input type="checkbox"/> Structure agraire | Mobilier |
| <input type="checkbox"/> Urbanisme | <input checked="" type="checkbox"/> Matériaux lithiques |
| <input type="checkbox"/> Maison | <input type="checkbox"/> Industrie osseuse |
| <input type="checkbox"/> Structure urbaine | <input type="checkbox"/> Céramique |
| <input type="checkbox"/> Foyer | <input type="checkbox"/> Restes végétaux |
| <input type="checkbox"/> Fosse | |

Etudes annexes

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Faune | <input type="checkbox"/> Géologie/pédologie |
| <input type="checkbox"/> Flore | <input checked="" type="checkbox"/> Datation |
| <input type="checkbox"/> Objet métallique | <input type="checkbox"/> Anthropologie |
| <input type="checkbox"/> Arme | <input type="checkbox"/> Paléontologie |
| <input type="checkbox"/> Outil | <input type="checkbox"/> Zoologie |
| <input type="checkbox"/> Parure | <input type="checkbox"/> Botanique |
| <input type="checkbox"/> Habillement | <input type="checkbox"/> Palynologie |
| <input type="checkbox"/> Trésor | <input type="checkbox"/> Macrorestes |
| <input type="checkbox"/> Monnaie | <input type="checkbox"/> Analyse de céramiques |
| <input type="checkbox"/> Verre | <input type="checkbox"/> Analyse de métaux |
| <input type="checkbox"/> Mosaïque | <input type="checkbox"/> Acquisition de données |
| <input type="checkbox"/> Peinture | <input type="checkbox"/> Numismatique |
| <input type="checkbox"/> Sculpture | <input type="checkbox"/> Conservation |
| <input type="checkbox"/> Inscription | <input type="checkbox"/> Restauration |
| <input checked="" type="checkbox"/> Autre : mortiers | <input type="checkbox"/> Autre : |

Générique de l'opération

Intervenants phase préparatoire et suivi administratif

Intervenants scientifiques :

Luc FRANÇOISE dit MIRET : Ingénieur d'études au Service régional de l'Archéologie (SRA), DRAC Auvergne-Rhône-Alpes

Frédéric SAUVAGE : Technicien des monuments historiques, DRAC Auvergne-Rhône-Alpes

François ESCHBACH : responsable scientifique, Archeodunum SAS

Intervenants administratifs

Frédéric LETTERLE : Conservateur régional de l'archéologie, DRAC Auvergne-Rhône-Alpes

Emmanuelle BOISSARD : responsable du bâti, Archeodunum SAS

Intervenants techniques et scientifiques

Phase terrain

François ESCHBACH : responsable d'opération

Aurélie DEVILLECHAISE : adjointe du responsable

Pierre CAMPS : spécialiste du magnétisme des roches, Géosciences Montpellier, CNRS & Université de Montpellier

Camille COLLOMB : technicienne, spécialiste des mortiers

Olivier FEIHL : relevé photogrammétrique par drone

Hugues SAVAY-GUERRAZ : étude des matériaux lithiques

Guilhem TURGIS : topographie

Phase rapport

François ESCHBACH (rédaction et conception du rapport, coordination, mise en forme, DAO, plans)

Aurélie DEVILLECHAISE : (gestion du mobilier, DAO, saisie inventaires et listings, coordination)

Henri BOUGNOL : Président de la revue L'Araire, spécialiste des aqueducs romains de Lyon,

Jean BURDY : Agrégé de sciences physiques, Membre émérite de l'Académie des sciences, belles-lettres et arts de Lyon

Pierre CAMPS : spécialiste du magnétisme des roches, Géosciences Montpellier, CNRS & Université de Montpellier

Camille COLLOMB : analyse des mortiers

Olivier FEIHL : Directeur Archeotech SA (Lausanne – CH)

Hugues SAVAY-GUERRAZ : étude des matériaux lithiques

Guilhem TURGIS (topographe)

Mise en forme du rapport

Sandrine SWAL (Archeodunum)

Notice scientifique

Auteur : François Eschbach

Numéro d'OA : 69244 22 12 295

Responsable de l'opération : François Eschbach

Nature de l'opération : restauration, consolidation et étude du bâti sur le monument des Massues

Couverture géographique : Auvergne-Rhône-Alpes > Rhône > Tassin-La-Demi-Lune

Code INSEE de la commune :

Mots-clés du thésaurus :

Chronologie : Antiquité

Keywords : hydraulics, aqueduct

Titre : Tassin-La-Demi-Lune, aqueduc de la Brévenne, réservoir de fuite des Massues

Sous-titre : Lieu dit : « Les Massues »

Associée à des travaux de consolidation et de restauration des vestiges du réservoir de fuite de l'aqueduc de la Brévenne (monument classé MH 692441500001), l'opération de suivi archéologique a pris place dans le secteur des Massues, à la jonction des communes de Tassin-La-Demi-Lune et de Lyon.

Elle s'est déroulée en plusieurs temps, du 22 août au 30 novembre.

Cette intervention a pris place sur la parcelle AR116 sise rue Claude Boyer à Tassin-la-Demi-Lune.

Le travail a porté sur les quatre arches supportant le rampant de soutènement des conduites du siphon d'Ecully-Tassin. Le monument mesure 45 x 6,3 m pour une hauteur maximale conservée de 11 m. Grâce à la présence d'un échafaudage, l'occasion a été donnée d'observer avec plus de détails que lors des opérations précédentes les hauteurs du monument et, peut-être pour la première fois, la structure de la construction et ses éléments décoratifs. Des irrégularités dans la mise en place des divers composants constituant chacune des piles, invisibles du pied de la construction, ont ainsi pu être enregistrées permettant de préciser les hypothèses de restitution.

L'un des enjeux majeurs était la réalisation d'un relevé détaillé; il a été réalisé sur la base de documents photogrammétriques exécutés expressément à cette occasion.

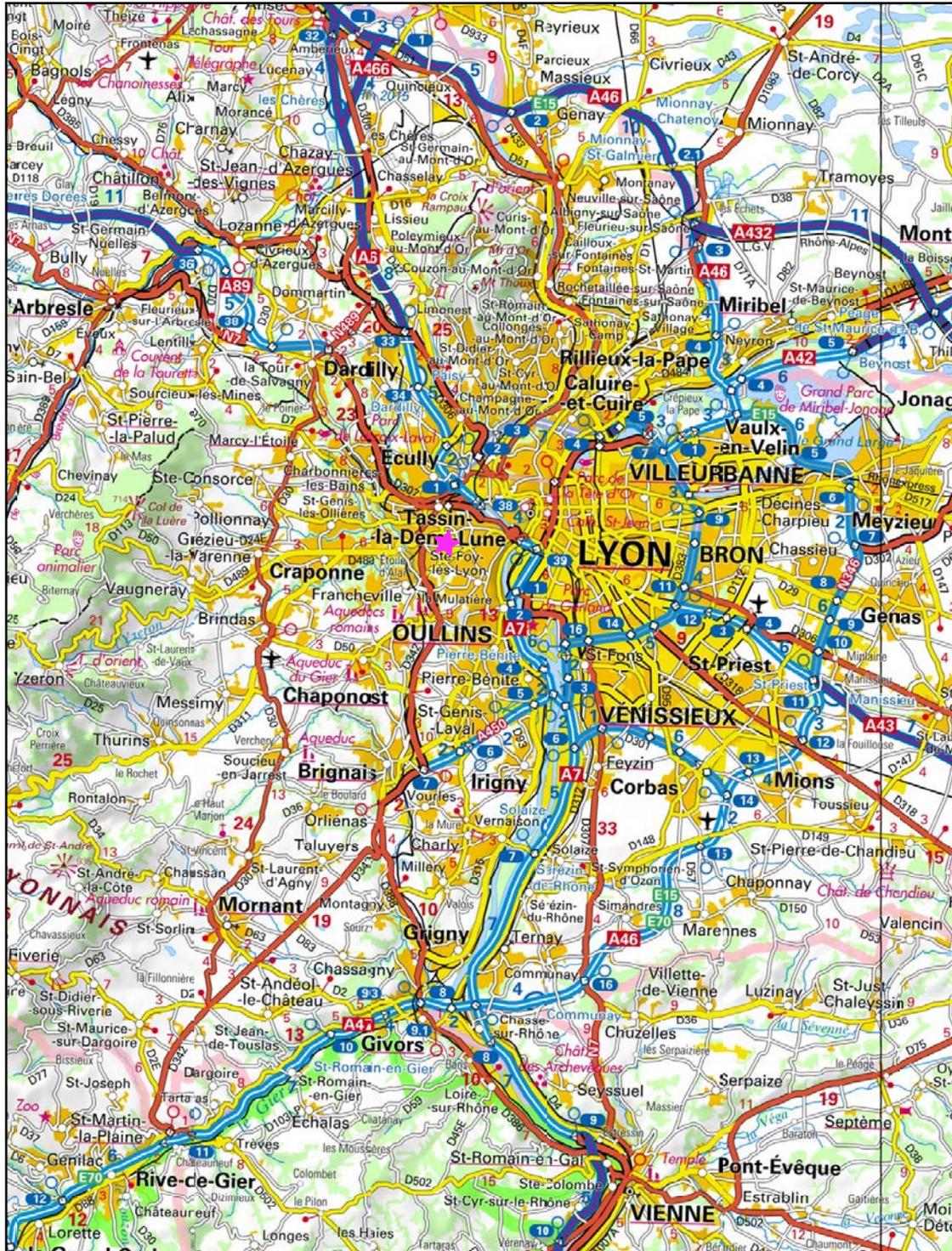
Le second volet de l'opération concerne la tentative d'établissement de la chronologie du monument, toujours sujette à caution. Une nouvelle analyse archéomagnétique a donc été effectuée selon les exigences du cahier des charges.

Un autre point a retenu l'attention des archéologues et consistait à identifier d'éventuels phasages ou des reconstructions antiques. Après un examen attentif des matériaux et techniques mis en œuvre, rien ne permet d'attester de tels événements.

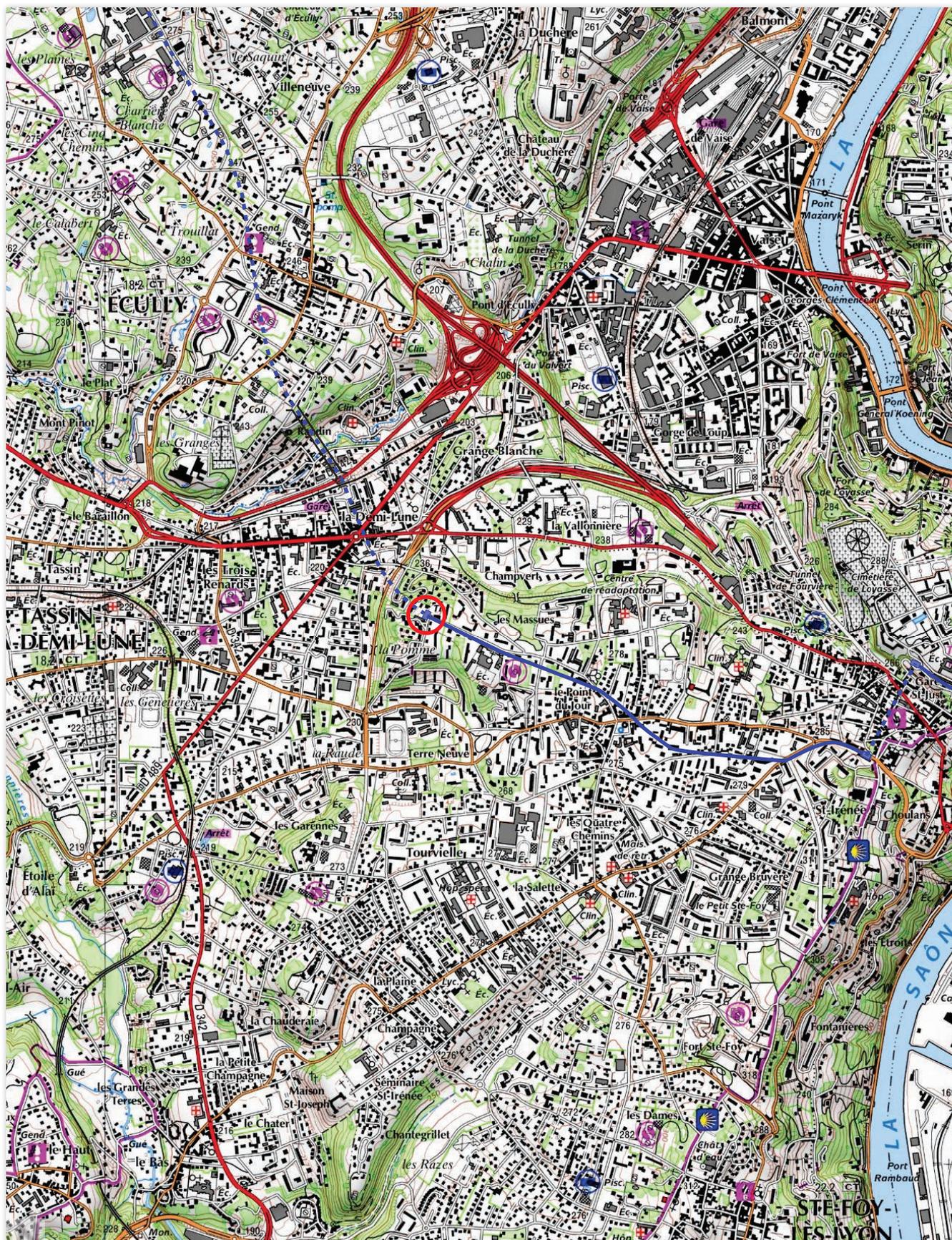
L'intervention a en outre confirmé l'urgence d'une mise en sécurité du monument dont certains éléments situés dans les parties hautes ne demandent qu'à tomber.

Le bilan de l'état de conservation général de la construction souligne les fortes dégradations soupçonnées et les dangers que cela comporte, tant en ce qui concerne la sécurité des potentiels visiteurs que la conservation des vestiges.

Localisation du site à l'échelle régionale (1/250 000°)



Localisation du site à l'échelle régionale (1/25 000^e)



© Geoportail 2016 et tracé de l'aqueduc d'après Burdy 1993

Plan cadastral (1/1 000^e)

Département : RHONE Communes: LYON 5e TASSIN-LA-DEMI-LUNE	DIRECTION GÉNÉRALE DES FINANCES PUBLIQUES ----- EXTRAIT DU PLAN CADASTRAL -----	Le plan visualisé sur cet extrait est géré par le centre des impôts foncier suivant : Lyon-Extérieur PTGC 165 rue Garibaldi 69401 69401 LYON CEDEX 03 tél. 04 78 63 33 00 -fax 04 78 63 30 20 ptgc.690.lyon@dgfip.finances.gouv.fr
Section : AY / AR Feuille : 000 AY 01 / 000AR 01 Échelle d'origine : 1/1000 Échelle d'édition : 1/1000 Date d'édition : 10/06/2016 (fuseau horaire de Paris) Coordonnées en projection : RGF93CC46 ©2016 Ministère des Finances et des Comptes publics		Cet extrait de plan vous est délivré par : cadastre.gouv.fr



Copie de l'arrêté de prescription de fouille



PRÉFET DE LA RÉGION RHÔNE-ALPES

Direction régionale
des affaires culturelles
de Rhône-Alpes

Service régional de l'archéologie
Affaire suivie par :
Luc FRANCOISE DIT MIRET

Tél. (33) [0]4 72.00.44.54
fax (33) [0]4 72.00.44.57
courriel : luc.miret@culture.gouv.fr



Le Préfet de la région Rhône-Alpes
Préfet du Rhône
A

DRAC Rhône-Alpes
Conservation régionale des monuments
historiques
6 quai Saint-Vincent
69001 LYON

→ F Sa
L
ff

Réf : 2015/2446/LFM

Lyon, le 20 avril 2015

Références du dossier soumis à une prescription d'archéologie préventive :

Tassin-la-Demi-Lune (RHONE) Aqueduc de la Brévenne Restauration de l'aqueduc pont-siphon Cadastre : AR 116
Travaux sur immeubles classés MH 69 244 15 00001
Maître d'ouvrage : DRAC Rhône-Alpes
N° SRA 28704

J'ai l'honneur de vous notifier l'arrêté ci-joint portant prescription de fouille archéologique préventive.

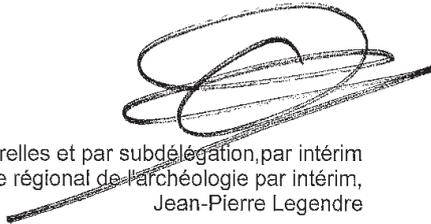
L'opération de fouille est réalisée sous la maîtrise d'ouvrage de l'aménageur. Lorsque vous aurez conclu avec l'opérateur que vous aurez retenu le contrat qui définit le projet d'intervention et les conditions dans lesquelles il sera mis en oeuvre, il conviendra que vous le transmettiez à mon service pour demande d'autorisation de fouille.

Le Service régional de l'archéologie disposera alors d'un délai de deux mois pour valider ce contrat ou, éventuellement, vous demander de le modifier.

Je vous rappelle que les travaux ci-dessus référencés ne pourront être mis en oeuvre avant l'exécution des prescriptions archéologiques.

Je vous précise enfin que par référence à l'article R 424-20 du code de l'urbanisme, la prescription d'archéologie préventive proroge à compter de la fin des opérations archéologiques prescrites le démarrage du délai de validité de l'autorisation d'urbanisme.

L'arrêté ci-joint peut être contesté devant le tribunal administratif compétent dans un délai de deux mois à compter de la réception de la présente lettre.


P/Le Directeur régional des affaires culturelles et par subdélégation, par intérim
Le chef du service régional de l'archéologie par intérim,
Jean-Pierre Legendre



PRÉFET DE LA RÉGION RHÔNE-ALPES

**Direction régionale
des affaires culturelles**
Service régional de l'archéologie

ARRETE N° 15-122

SRA : 28704
Affaire suivie par : Luc FRANCOISE
DIT MIRET

Téléphone : 04-72-00-44-54
Télécopie : 04-72-00-44-57
Mél : luc.miret@culture.gouv.fr

Le Préfet de la région Rhône-Alpes
Préfet du Rhône
Officier de la Légion d'honneur
Officier de l'Ordre national du mérite

VU le code du patrimoine, et notamment son livre V ;

VU l'arrêté du 16 septembre 2004 portant définition des normes d'identification, d'inventaire, de classement et de conditionnement de la documentation scientifique et du mobilier issu des diagnostics et fouilles archéologiques ;

VU l'arrêté du 27 septembre 2004 portant définition des normes de contenu et de présentation des rapports d'opérations archéologiques ;

VU l'arrêté du Préfet de la région Rhône-Alpes, Préfet du Rhône, n° 2015-108 du 7 avril 2015, accordant délégation de signature au directeur régional des affaires culturelles par intérim pour l'application de la législation relative à l'archéologie préventive et programmée ;

VU l'arrêté du Directeur régional des affaires culturelles en Rhône-Alpes par intérim n° 2015-12 du 13 avril 2015, portant subdélégation de signature pour l'application de la législation relative à l'archéologie préventive et programmée ;

VU le dossier de Travaux sur immeubles classés MH déposé auprès de DRAC -Conservation régionale des monuments historiques sous le n° 69 244 15 00001, par DRAC Rhône-Alpes, Conservation régionale des monuments historiques 6 quai Saint-Vincent 69001 LYON, reçu le 11/02/15 ;

VU l'avis de la Commission interrégionale de la recherche archéologique en date du 08/04/15

CONSIDERANT que les travaux envisagés, en raison de la présence du réservoir de fuite de l'aqueduc antique de la Brévenne, affectent des éléments du patrimoine archéologique ;

CONSIDERANT qu'il est nécessaire de sauvegarder ces vestiges par l'étude et la fouille archéologique ;

ARRETE

Article 1^{er} : Une opération de fouille archéologique préventive sera réalisée sur le terrain faisant l'objet du projet d'aménagements, d'ouvrages ou de travaux susvisés, situé comme suit :

Région : Rhône-Alpes
Département : RHONE
Commune : Tassin-la-Demi-Lune
Lieu-dit : Restauration du réservoir de fuite de l'aqueduc de la Brévenne
Cadastre : section(s) / parcelle(s) : AR 116

L'opération de fouille archéologique préventive débutera par une intervention de terrain et s'achèvera par l'analyse et la mise en forme des résultats obtenus et la remise d'un rapport de synthèse.

Article 2 : La réalisation de l'opération de fouille archéologique préventive incombe à la personne projetant d'exécuter les travaux susvisés. Celle-ci fera appel, pour sa mise en œuvre, à un opérateur : soit l'Institut national de recherches archéologiques préventives (INRAP), soit un service archéologique territorial agréé, soit toute autre personne de droit public ou privé dont la compétence scientifique est garantie par un agrément délivré par l'Etat, et sous réserve du respect du dernier alinéa de l'article L.523-8 du code du patrimoine.

L'agrément requis pour la présente fouille concerne la période suivante antiquité

Article 3 : Un contrat passé entre la personne projetant d'exécuter les travaux et l'opérateur chargé de la réalisation des fouilles fixera, notamment :

- Le projet scientifique d'intervention et les moyens mis en œuvre ;
- La date prévisionnelle de début de l'opération, sa durée et le prix de réalisation des fouilles ;
- Les conditions et délais de la mise à disposition du terrain par l'aménageur et de l'intervention de l'opérateur ;
- Les indemnités dues par l'une ou l'autre partie en cas de dépassement des délais convenus ;
- La date de remise du rapport final d'opération.

Le contrat signé par l'opérateur et l'aménageur est transmis par ce dernier au Directeur régional des affaires culturelles. Lorsque l'intervention de l'opérateur est conditionnée par l'agrément prévu à l'article 2, un justificatif de cet agrément est joint au contrat signé.

Article 4 : A réception du contrat signé, l'Etat dispose d'un délai maximal de 2 mois pour le valider, après consultation éventuelle de la Commission inter-régionale de la recherche archéologique (CIRA). Après avoir contrôlé la conformité du contrat avec les prescriptions de fouilles édictées, l'Etat autorisera les fouilles.

Article 5 : L'opérateur chargé de l'exécution des fouilles se conformera aux prescriptions imposées par l'Etat (selon les objectifs scientifiques et principes méthodologiques annexés au présent arrêté) et interviendra sous la surveillance des représentants de l'Etat.

Article 6 : Les travaux ou constructions prévues susvisés donnant lieu à la présente prescription de fouille ne pourront être entrepris qu'après l'achèvement de ces opérations d'archéologie préventive.

Article 7 : Le présent arrêté de prescription d'une opération de fouille archéologique est accompagné d'un cahier des charges scientifique élaboré par l'Etat, qui détaille la prescription et précise, notamment, les objectifs scientifiques et les principes méthodologiques indiqués à l'article 5. Un document graphique relatif à l'emprise au sol et en élévation de la fouille archéologique est annexé au présent arrêté ainsi qu'un cahier des charges concernant l'enregistrement et le conditionnement de la documentation scientifique (mobilier et archives).

Article 8 : La personne projetant d'exécuter les travaux susvisés ayant donné lieu à la présente prescription de fouille, tiendra informé le Directeur régional des affaires culturelles des modalités de mise en œuvre du présent arrêté.

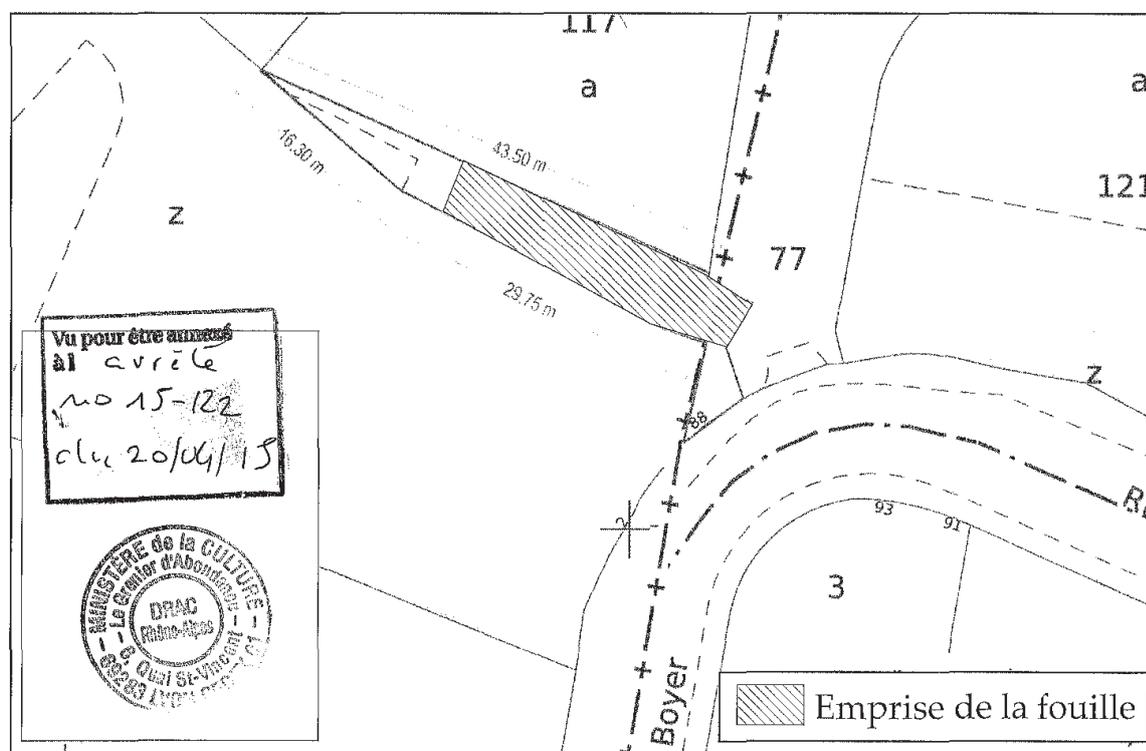
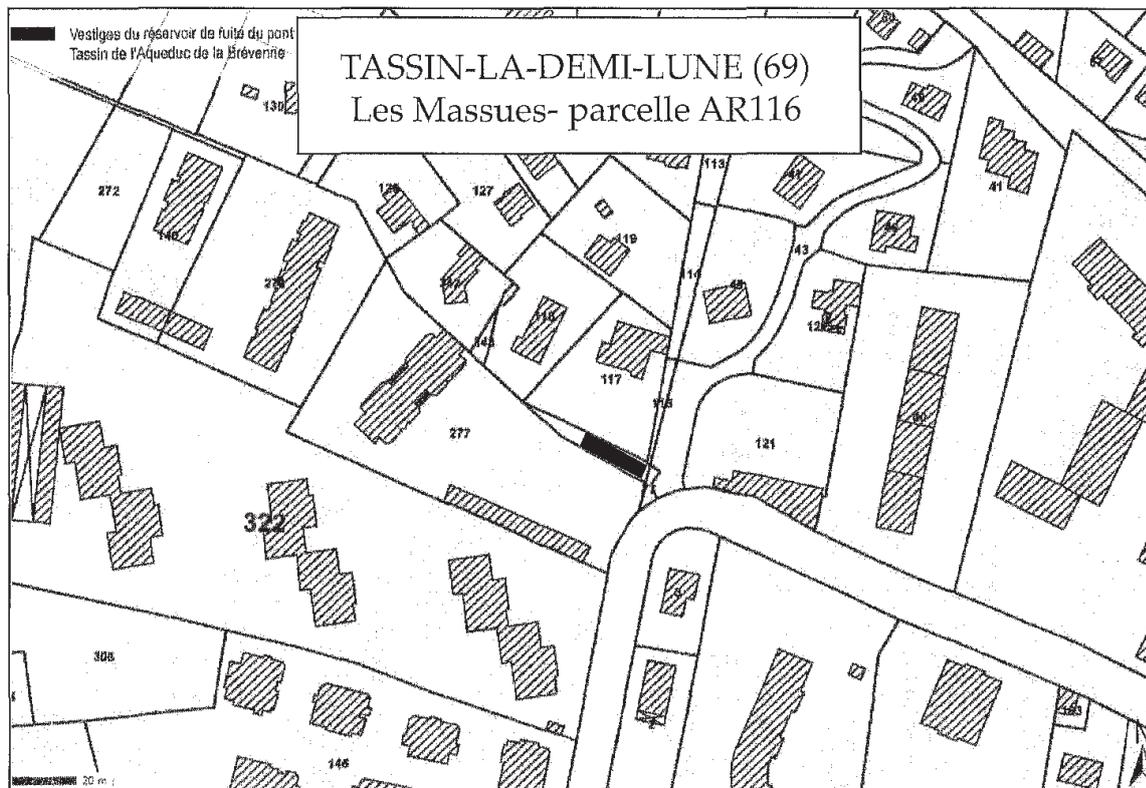
Article 9 : Le Secrétaire général pour les affaires régionales, le Directeur régional des affaires culturelles par intérim et le Chef du service régional de l'archéologie par intérim sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté qui sera notifié à la personne qui projette les travaux et à l'autorité compétente pour instruire la demande d'autorisation.

Fait à Lyon, le 20 avril 2015

P/Le Directeur régional
des affaires culturelles par intérim
et par subdélégation,
Le chef du service régional
de l'archéologie par intérim



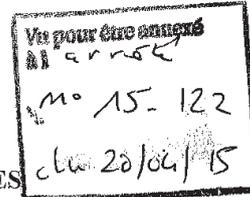
Jean Pierre LEGENDRE



Copie du cahier des charges scientifique



PRÉFET DE LA RÉGION RHÔNE-ALPES



Direction régionale
des affaires culturelles
Service régional de l'archéologie
6 quai Saint-Vincent
69283 LYON CEDEX 01
Tél : 04 72 00 44 50

**CAHIER DES CHARGES SCIENTIFIQUE POUR UNE OPERATION
DE FOUILLE ARCHEOLOGIQUE PREVENTIVE**
(conformément au code du patrimoine, et notamment son livre V)

DONNEES ADMINISTRATIVES

Réf. : 2015/2445/LFM

Affaire suivie par : Luc Françoise-dit-Miret
N° SRA : 28704

**LOCALISATION DU PROJET
D'AMENAGEMENT**

Département : Rhône
Commune : Tassin-la-Demi-Lune
Lieu-dit : Reser voir de fuite « Les Massues »
Adresse : 2 rue Claude Boyer
Réf. cadastre :
Section : AR
Parcelles cadastrales : 116

PROPRIETAIRE DU TERRAIN

(si autre que maître d'ouvrage. Cf. liste jointe si propriétaires multiples)

Nom :
Adresse :

**MAITRE D'OUVRAGE DU PROJET
D'AMENAGEMENT**

Public Privé Mixte

Nom (ou raison sociale) : Drac Rhône -Alpes
Adresse : 6 quai Saint-Vincent, 69283 Lyon Cedex
Personne à contacter : Frédéric Sauvage

MAITRE D'OUVRAGE DELEGUE

(si autre que maître d'ouvrage du projet d'aménagement)

Public Privé Mixte

Nom (ou raison sociale) :

Adresse :

Tél. :

Personne à contacter :

DOSSIER ADMINISTRATIF

Type de dossier : travaux sur immeuble classé
N° opération d'urbanisme : MH 69244150001
Envoyé par : Drac Rhône-Alpes CRMH
Reçu le : 11 février 2015

NATURE DU PROJET

restauration et mise en valeur

**PROTECTION AU TITRE
DES MONUMENTS ET SITES :**

MH classé le 11/08/1986

DIAGNOSTIC :

Prescrit le :
par l'arrêté N° :
Responsable scientifique :
Organisme de rattachement :
Date de réception du rapport :

Date d'examen en **Commission interrégionale
de la recherche archéologique** : 08/04/2015

DONNEES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES

1 Type d'intervention

étude travaux de terrain travaux de laboratoire

2 Localisation et données techniques particulières

- 2.1 Emprise de la fouille : 232m². (délimitée sur le plan joint en annexe).
- 2.2 Section / parcelles **concernées par la fouille** :AR 116
- 2.3 Niveau de décaissement prévu pour l'aménagement :
- 2.4 Données techniques particulières
éventuellement, techniques de remblaiement et protections des vestiges laissés *in situ*.

Code du patrimoine, art. R. 523-39 : Lorsque le préfet de région prescrit la réalisation d'une fouille, il assortit son arrêté de prescription d'un cahier des charges scientifique qui définit les objectifs, les données scientifiques ainsi que les principes méthodologiques et techniques de l'intervention ainsi que le délai limite de remise du rapport final.

3 Données scientifiques

3.1. Contexte archéologique

- 3.1.1 Contexte général :

Le réservoir dit des Massues appartient à l'aqueduc gallo-romain dit de la Brévenne. un des 4 principaux aqueducs alimentant Lyon.

Trouvant son origine dans le vallon d'Orjolle à Aveize, cet ouvrage serpente sur près de 70km à travers 18 communes pour aboutir vers Saint-Just, en un point encore inconnu, afin d'alimenter les quartiers intermédiaires situés sous la cote 282NGF. Le tracé a été perturbé par la nécessité de traverser plusieurs vallées. Ainsi en fin de parcours la conduite devant traverser la large dépression du Vallon des Planches, il a été nécessaire, entre Ecully et Tassin -la -Demi-Lune, de créer un siphon long de 2400m et présentant une flèche de 90m. Le monument objet de la présente prescription est le réservoir de fuite de ce siphon.

Malgré son aspect spectaculaire le réservoir des Massues est, dans son état actuel, incomplet : le réservoir proprement dit ayant totalement disparu. On ne peut d'ailleurs à ce jour même pas certifier son emplacement exact au regard de l'arche la plus haute encore conservée. J. Burdy envisage qu'il soit installé sur le pilier succédant immédiatement ceux encore visibles.

Du monument, actuellement long d'une quarantaine de mètres et haut d'une douzaine, est conservé l'essentiel du rampant qui supportait les tuyaux de plomb amenant l'eau sous pression au réservoir, à l'exception de sa dernière arche au contact avec le réservoir.

Sa structure est dégradée avec des bases de piles profondément affouillées et les parements, en moellons de gneiss, en grande partie disparus.

On note la présence tous les 1,50m de trois assises de réglages en brique, un dispositif original et unique sur cet aqueduc.

Ce réservoir, comme souvent pour les aqueducs lyonnais, demeure assez mal connu et il est difficile de le décrire précisément.

- **3.1.2 Eléments acquis lors du diagnostic :**
sans objet

3.2. Documentation disponible

- dossier communal et base de données Patriarche

- rapports de diagnostics ou fouilles :

- mémoires de maîtrise :

.Fage J. : Etude sur les aqueducs gallo-romains de Lyon, mémoire de maîtrise, 2 vol., Université de Paris I, 1998.

- bibliographie :

-Burdy J. : L'aqueduc romain de la Brevenne, *Préinventaire des monuments et richesses artistiques du Rhône*, III, Lyon, 1993

Coquidé C., Macabéo G.: Les aqueducs antiques de Lyon: l'apport de l'archéologie préventive (1991-2007), RAE, 2010, p. 447-504

- Faure-Brac O. : *Le Rhône*, série Carte Archéologique de la Gaule, 69/1, Académie des Inscriptions et Belles-Lettres, Editions de la Maison des Sciences de l'homme Paris, 2006

3.3. Objectifs scientifiques

Il sera indispensable d'établir un relevé détaillé, coté à grande échelle, de l'intégralité du monument. Celui-ci n'a en effet, jamais fait l'objet d'un relevé précis et l'on ne dispose guère que d'un croquis grossier au 1/500ème (Bougnol in Burdy 1996), alors même que des opérations de consolidation d'urgence ont déjà été conduites.

Cette opération offre l'opportunité d'obtenir une datation fiable du monument et, au delà de lui, de l'aqueduc de la Brevenne. A l'instar des 3 autres aqueduc, l'appréciation de l'ancienneté de cette canalisation est surtout liée à un schéma préconçu basé d'une part sur la longueur de chaque ouvrage (les ouvrages étant de plus en plus importants) et d'autre part en fonction de leur capacité de desserte de la colonie (desserte prioritaire des quartiers les plus hauts).

On ne dispose en fait à ce jour que de très peu d'éléments objectifs de datation, faute de matériel datant associé. De ce point de vue l'archéologie préventive n'a pas contribué à régler la question. Au contraire, des datations radiocarbone effectuées sur des enduits ont livré des résultats très divergents conduisant à s'interroger sur le mode opératoire ayant prévalu lors du prélèvement d'échantillons. Le problème de l'évolution et de l'entretien est d'ailleurs une question centrale à poser lors de cette intervention. La maçonnerie présente des caractères curieux. Malgré une facture qui semble homogène on remarque en effet des différences de gabarit entre les différentes piles et arches ce qui conduit à envisager une éventuelle reconstruction; cette hypothèse pourrait être confirmée par la présence d'assises de réglage en briques, une caractéristique technique courante sur l'aqueduc du Gier mais unique pour la Brevenne, La problématique liée au vieillissement de l'ouvrage se nourrit d'ailleurs de l'omniprésence de traces de restauration retrouvés sur les différents chantiers de fouille l'ayant abordé.

4. Agrément de l'opérateur

Qualification du responsable d'opération et de l'équipe d'intervention

Agrément de l'opérateur :

En fonction des objectifs décrits ci-dessus (en 3), l'opérateur sera agréé pour la (les) période(s) suivante(s) : Antiquité

Responsable d'opération :

Le Préfet de région désignera le responsable scientifique de l'opération qui devra assurer la direction effective de l'opération.

Il s'agira d'un archéologue spécialisé en archéologie romaine et qui devra disposer de bonnes connaissances en hydraulique antique

Le responsable d'opération informera régulièrement le Service régional d'archéologie, de préférence par écrit, du déroulement de l'opération et des découvertes.

Il informera immédiatement le Service régional d'archéologie de toute découverte d'intérêt majeur.

Dans son projet d'intervention, l'opérateur pourra proposer le nom du responsable scientifique de l'opération.

Equipe de fouille :

Les effectifs prévus dans le projet seront définis en fonction de la durée de l'intervention et des objectifs scientifiques émis par le Préfet de région.

Le projet devra en outre indiquer le nombre et les qualifications des spécialistes .

5. Principes méthodologiques

L'intervention archéologique se déroulera conjointement au chantier de restauration et bénéficiera des infrastructures techniques (échafaudages, engins, réseaux...) de celui-ci. L'étude sera entreprise après pose des échafaudages par les entreprises, mais avant toute purge des éléments architecturaux à remplacer. (Le gommage des joints et placages en ciment interviendra en présence des archéologues..)

L'examen détaillé sera précédé par un relevé photogrammétrique ou par scanner laser 3D de l'ensemble du monument. Ce document sera complété par des relevés de détail « pierre à pierre » qui seront réalisés dans les secteurs dont la compréhension s'avérera indispensable pour répondre à la problématique de l'intervention.

Une attention particulière devra être portée sur le relevé et l'analyse des assises de réglages en brique., une des particularités du monument

De manière générale, des prélèvements en vue d'analyses spécifiques sont à prévoir :

- étude et analyse des mortiers. Une série d'échantillons sera prélevé en différents points du monument afin de s'assurer de son homogénéité.

- analyse et détermination des matériaux utilisés. On procédera à la détermination géologique des moellons en laboratoire, éventuellement par lames minces afin d'en déterminer l'origine et de vérifier l'homogénéité des briques.

- Prélèvement de carottes sur, au moins, une centaine de briques réparties sur toute la construction afin de procéder à une datation archéomagnétique (un seul échantillon par brique). Les échantillons seront localisés et prélevés par le laboratoire d'analyse ou, à défaut, en observant son protocole. Il faudra prendre garde à la possibilité de reprises partielles qui pourraient affecter l'homogénéité de l'échantillon prélevé. Cette analyse est obligatoire et ne saurait être remise en cause pour des considérations calendaires.

Il sera procédé à un sondage au pied de la pile n°3 dont la base présente un important affouillement. Ce sondage visera à clarifier les modalités d'insertion dans le substrat. Il conviendra aussi de vérifier la structure du massif en le comparant notamment avec les bases de piles déjà analysées sur cet aqueduc (Lentilly-Charpenay...).

Il devra être prévu que l'archéologue puisse retourner sur le site en cours de chantier de restauration si les travaux le nécessitent (décaissements initialement non prévus, etc...)

Le projet d'opération devra reprendre l'ensemble de ces préconisations et en détailler le principe de mise en œuvre.

La durée minimale de la fouille sera de 15 jours ouvrés (30j/h sur le chantier), hors relevé photogrammétrique initial, pour une équipe de l'ordre de 2 personnes. A cette estimation doit être ajouté l'éventualité d'une présence complémentaire ponctuelle en cours de travaux.

Le projet d'opération archéologique décrira précisément la méthodologie et les moyens retenus pour la mise en œuvre des analyses et des travaux en laboratoire spécifiques à l'intervention.

Durant la phase terrain, l'opérateur fournira une fiche hebdomadaire d'avancement du chantier, avec plan mis à jour et photo si nécessaire.

A l'issue de la phase terrain un projet de programmation des moyens prévus pour la phase post fouille (compétences, planning) sera transmis au SRA.

6. Mise en forme des données

La phase de mise en forme des données consistera à traiter, inventorier, analyser puis mettre en forme les données de terrain afin de rédiger un rapport final de synthèse. Il sera rédigé en français, ainsi que l'ensemble de la documentation constituée lors de l'opération archéologique.

Le délai limite pour la remise du rapport final au S.R.A. est fixé à : 6 mois après la date d'achèvement de la phase de terrain.

- Le rapport final sera remis en 8 exemplaires, dont un non broché.

Il respectera les normes de contenu et de présentation des rapports d'opérations archéologiques définies :

- par l'arrêté du 27 septembre 2004, publié au J.O. du 14 octobre 2004 ;
- par le cahier des charges joint à l'arrêté de prescription de fouille et dénommé « enregistrement et conditionnement de la documentation scientifique (mobilier et archives) ; normes de contenu et de présentation des rapports d'opération d'archéologie préventive en Rhône-Alpes ».

Le rapport doit comprendre, outre la page de titre, les trois sections suivantes :

- La première section rassemble, sous forme de fiches, de notices et de documents, les données administratives, techniques et scientifiques caractérisant l'opération. On y trouvera, en particulier, une notice scientifique résumant les principaux résultats de l'opération, destinée au bilan scientifique régional.
- La deuxième section décrit en détail l'opération et ses résultats.
- La troisième section regroupe les inventaires techniques, et notamment l'inventaire technique et systématique du mobilier archéologique, ordonné par catégorie, par unité d'enregistrement et par parcelle cadastrale, sous forme de listes ou de tableaux.

- A la remise du rapport et, au plus tard à l'expiration d'un délai de deux ans (à compter de la date de délivrance de l'attestation de libération du terrain), le mobilier est remis à l'Etat.

Avec le mobilier, l'opérateur remet à l'Etat, aux fins d'archivage, la documentation scientifique constituée en cours d'opération.

La documentation scientifique et le mobilier issu de l'opération archéologique seront remis conformément aux normes d'identification, d'inventaire, de classement et de conditionnement définies par l'arrêté du 16 septembre 2004 précisé par le cahier des charges joint à l'arrêté de prescription de fouille

Lyon, le 20/04/2015

P/Le Directeur régional
des affaires culturelles
et par intérim et par subdélégation,
Le chef du service régional de l'archéologie par
intérim
Jean-Pierre Legendre

Copie de l'Arrêté d'autorisation



/ 8 JUIL. 2016

PRÉFET DE LA RÉGION AUVERGNE-RHÔNE-ALPES

Direction régionale
des affaires culturelles

Pôle *Architecture et patrimoines*
Service régional de l'archéologie

COPIE

SRA : 28704 - Code opération Patriarche : 2212295
Affaire suivie par : Luc FRANCOISE DIT MIRET
☎ 04 72 00 44 54
Télécopie : 04 72 00 44 57
✉ luc.miret@culture.gouv.fr

ARRETE N° 2016/803 du 6 juillet 2016

LE PRÉFET DE LA RÉGION AUVERGNE-RHÔNE-ALPES,

Officier de la Légion d'honneur
Commandeur de l'Ordre National du Mérite

VU le code du patrimoine, et notamment son livre V ;

VU l'arrêté préfectoral n° 2016-289 du 31 mai 2016, portant délégation de signature à Monsieur Eric Bultel, directeur régional des affaires culturelles de la région Auvergne-Rhône-Alpes par intérim en matière d'attributions générales ;

VU l'arrêté 2016-04 du 3 juin 2016 de Monsieur Eric Bultel directeur régional des affaires culturelles Auvergne-Rhône-Alpes par intérim, portant délégation de signature à Monsieur Stephan Soubranne, secrétaire général de la direction régionale des affaires culturelles, à Monsieur Pascal Mignerey, directeur régional adjoint des affaires culturelles, responsable du pôle Architecture et Patrimoines, à Monsieur Frédéric Letterlé, chef du service régional de l'archéologie et à Mme Marie-Agnès Gaidon-Bunuel et à Mme Claudine Girardy-Caillat ;

VU l'arrêté de prescription de fouille n° 15-122 en date du 20/04/2015 ;

VU le contrat conclu le 13/06/2016 entre :
l'aménageur : DRAC Rhône-Alpes Conservation régionale des monuments historiques
6 quai Saint-Vincent 69001 LYON
et l'opérateur : Archeodunum SAS
500 rue Juliette Récamier, 69970 CHAPONNAY,
qui définit les conditions de mise en œuvre du projet d'opération élaboré par l'opérateur ;

VU l'agrément de l'opérateur en date du 22/01/2014;

VU le projet scientifique d'intervention établi par l'opérateur sur la base du cahier des charges de la prescription ;

VU la transmission par l'aménageur du contrat susvisé, en date du 05/07/2016;

CONSIDERANT que les travaux envisagés, en raison de la présence du réservoir de fuite de l'aqueduc antique de la Brévenne, affectent des éléments du patrimoine archéologique ; et qu'il est nécessaire de sauvegarder ces vestiges par l'étude et la fouille archéologique ;

ARRETE

Article 1^{er} : Une opération de fouille archéologique préventive est autorisée sur le terrain faisant l'objet du projet d'aménagements, d'ouvrages ou de travaux situé comme suit :

Région : Rhône-Alpes
Département : RHONE
Commune : Tassin-la-Demi-Lune
Lieu-dit : Restauration de l'aqueduc pont-siphon Aqueduc de la Brévenne
Cadastre : section(s) / parcelle(s) : AR 116

Article 2 : La fouille sera réalisée sous la maîtrise d'ouvrage de la DRAC Rhône-Alpes

Article 3 : L'opérateur exécutera les fouilles conformément aux prescriptions imposées par l'Etat, selon les objectifs scientifiques et principes méthodologiques qu'il a fixés et sous la surveillance de ses représentants.

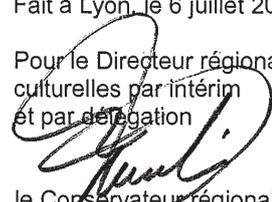
Article 4 : Le responsable scientifique de l'opération archéologique est : M. François ESCHBACH

Article 5 : l'utilisation du détecteur de métaux, telle que mentionnée dans l'article L. 542-1 du code du patrimoine, est autorisée.

Article 6 : Le Secrétaire général pour les affaires régionales, Le Directeur régional des affaires culturelles par intérim et le conservateur du service régional de l'archéologie sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté qui sera notifié à l'aménageur et à l'opérateur.

Fait à Lyon, le 6 juillet 2016

Pour le Directeur régional des affaires
culturelles par intérim
et par délégation


le Conservateur régional de
l'archéologie
Frédéric LETTERLÉ

Copie de l'extrait du projet scientifique et technique d'intervention (PSTI)

ARCHEODUNUM
INVESTIGATIONS ARCHÉOLOGIQUES

Dossier 2016_04_14_eb / 18 avril 2016

Mémoire justificatif

**Tassin la Demi-Lune (69). Aqueduc de la Brévenne.
Restauration du réservoir de fuite du pont siphon
de la Brévenne.
Lot n°3 – Archéologie**



Maître d'Ouvrage

Direction régionale des affaires culturelles Auvergne-
Rhône-Alpes
Conservation régionale des Monuments historiques
site de Lyon
Grenier d'Abondance
6 quai Saint-Vincent
69283 Lyon cedex 01



Opérateur archéologique

ARCHEODUNUM SAS
500 rue Juliette Récamier
69970 CHAPONNAY

Dossier suivi par :
Emmanuelle BOISSARD
Responsable du pôle bâti
e.boissard@archeodunum.fr
06 88 09 01 55

Archeodunum SAS
Agence de LYON

500, rue Juliette Récamier
69970 CHAPONNAY

Tel. +33(0)4 72 89 40 53
Fax +33(0)4 72 89 54 04

Le présent mémoire technique présente :

Partie A : les données générales du marché (intervenants, informations administratives, plans de localisation).

Partie B : un rappel du contexte historique et des enjeux de l'étude, une méthodologie pour l'acquisition des données de terrain et leur traitement, les moyens humains et techniques mis en œuvre.

Partie C : un calendrier général d'exécution du marché, un planning prévisionnel de l'intervention archéologique de terrain.

Partie D : l'organisation du chantier, les règles de sécurité et d'hygiène, les modalités d'installation de la base de vie.

Partie E : les annexes : notre définition de l'archéologie du bâti, la liste des opérations réalisées similaires et les CV des intervenants (responsable d'opération, spécialistes).

Ce mémoire et ses annexes sont soumis au secret industriel et commercial, suivant les dispositions de la loi n°78-753 du 17 juillet 1978 (article 6, II).

Ils ne peuvent en aucun cas être communiqués à un tiers sans autorisation de l'entreprise qui en est l'auteur.

PRÉAMBULE

Conduit par la Conservation régionale des monuments historiques, le projet de restauration du réservoir de fuite du pont siphon de la Brévenne offre l'opportunité d'étudier et de documenter ce monument emblématique de l'un des quatre aqueducs antiques de la ville de Lyon.

L'opération archéologique qui fait l'objet du présent mémoire aura ainsi pour triple objectif de réaliser un relevé précis de la construction avant l'intervention de restauration, d'en étudier l'implantation, les modes de construction et la chronologie, et d'en établir une datation fiable.

La société Archeodunum se porte candidate pour cette opération, en mettant à la disposition du maître d'ouvrage les nombreux atouts dont elle dispose pour sa réalisation :

- l'expérience de 4 opérations de fouilles archéologiques menées antérieurement sur les aqueducs du Gier et de la Brévenne, dont la seule opération d'archéologie du bâti menée sur un aqueduc antique à Lyon, au Plat de l'Air à Chaponost ;
- la participation active de 4 chercheurs de notre société, dont le responsable scientifique d'opération proposé, au groupe « Quatre aqueducs lyonnais » de l'UMR 5138 ArAr Archéologie et Archéométrie ;
- la collaboration avec Archeotech, société spécialisée dans la mesure 3D et l'utilisation des drones au service de l'archéologie et de la conservation du patrimoine depuis une décennie ;
- l'implantation locale de notre agence de Lyon, nous permettant d'optimiser notre présence sur le terrain et d'adapter notre intervention et notre suivi au calendrier des travaux.

Opération de fouille archéologique préventive – n°2016_04_14_eb. Tassin la Demi-Lune (69). Aqueduc de la Brévenne.

SOMMAIRE

PRÉAMBULE	3
PARTIE A – DONNÉES GÉNÉRALES.....	6
Plan de localisation général	7
Plan de localisation de la prescription archéologique.....	7
PARTIE B – PROTOCOLE SCIENTIFIQUE D'INTERVENTION : OBJECTIFS, STRATÉGIE ET MÉTHODOLOGIE	8
1. CONTEXTE HISTORIQUE ET ARCHÉOLOGIQUE DE L'OPÉRATION	8
1.1 <i>Les aqueducs antiques de Lyon</i>	8
1.2 <i>L'aqueduc de la Brévenne</i>	9
2. RAPPEL DES OBJECTIFS DE L'ÉTUDE	11
3. ORGANISATION GÉNÉRALE DE L'OPÉRATION, CALENDRIER D'INTERVENTION	11
4. MÉTHODOLOGIE DES DIFFÉRENTES PHASES DE L'OPÉRATION.....	12
4.1 <i>Suivi archéologique des travaux de purge, démolitions, tranchées</i>	12
4.2 <i>Sondage archéologique en pied de pile n°3</i>	13
4.3 <i>Relevé photogrammétrique</i>	14
4.4 <i>Étude archéologique des maçonneries</i>	15
Mode d'enregistrement des données : la documentation de terrain	16
4.5 <i>Prélèvements et analyses en vue de datation</i>	16
5. TRAITEMENT DES DONNÉES	18
6. MOYENS HUMAINS : CONSTITUTION DE L'ÉQUIPE ET QUALIFICATIONS.....	19
PARTIE C – CALENDRIER.....	20
7. ORGANISATION DE L'INTERVENTION ARCHÉOLOGIQUE.....	20
8. PROPOSITION DE PLANNING PRÉVISIONNEL.....	21
PARTIE D – ORGANISATION DU CHANTIER.....	22
9. MISE À DISPOSITION DU TERRAIN PAR L'AMÉNAGEUR	22
10. MOYENS TECHNIQUES.....	22
10.1 <i>Installations de chantier</i>	22
10.2 <i>Échafaudages</i>	22
11. RÉUNIONS ET COMPTES RENDUS DE CHANTIER	22
12. HYGIÈNE ET SÉCURITÉ	23
12.1 <i>La mise en sécurité de l'aire de fouille</i>	23
12.2 <i>La prévention des risques professionnels</i>	23
12.3 <i>Les mesures de prévention – Risques importés et exportés</i>	23
13. REMISE DU TERRAIN À L'AMÉNAGEUR	23
PARTIE E – ANNEXES	25
ANNEXE 1.....	27
L'ARCHÉOLOGIE DU BÂTI : UNE CONNAISSANCE SCIENTIFIQUE INDISPENSABLE POUR ACCOMPAGNER LA CONSERVATION ET LA MISE EN VALEUR DU PATRIMOINE BÂTI.....	27
ANNEXE 2.....	29

Opération de fouille archéologique préventive – n°2016_04_14_eb. Tassin la Demi-Lune (69). Aqueduc de la Brévenne.

LISTE DES OPÉRATIONS EN ARCHÉOLOGIE DU BÂTI, ÉTUDES DOCUMENTAIRES ET ARCHITECTURALES.....	29
ANNEXE 3.....	35
CV DES INTERVENANTS.....	35

Opération de fouille archéologique préventive – n°2016_04_14_eb. Tassin la Demi-Lune (69). Aqueduc de la Brévenne.

PARTIE A – DONNÉES GÉNÉRALES

Tassin la Demi-Lune (69). Aqueduc de la Brévenne.

Objet de la consultation : Restauration du réservoir de fuite du pont siphon de la Brévenne. Lot n°3 – Archéologie.

Maîtrise d'ouvrage :

Direction régionale des affaires culturelles Auvergne-Rhône-Alpes
 Conservation régionale des Monuments historiques site de Lyon
 Grenier d'Abondance
 6 quai Saint-Vincent
 69283 Lyon cedex 01

Projet d'aménagement : Cette opération de fouille archéologique préventive s'inscrit dans le cadre des travaux de restauration du réservoir de fuite du pont siphon de la Brévenne.

Localisation du site : Le monument est situé 2 rue Claude Boyer à Tassin la Demi-Lune, sur la parcelle cadastrale AR 116.

Durée du marché : Le délai d'exécution du marché est fixé à 8 mois par l'acte d'engagement, hors mois de préparation.

Emprise concernée par les travaux archéologiques : L'emprise concernée par l'opération d'archéologie préventive est celle délimitée sur le plan annexé au cahier des charges scientifique émis par le service régional de l'archéologie de Rhône-Alpes et joint à l'arrêté préfectoral n°15-122 du 20/04/2015.

Arrêté prescrivant les fouilles archéologiques : arrêté préfectoral n°15-122 du 20/04/2015.

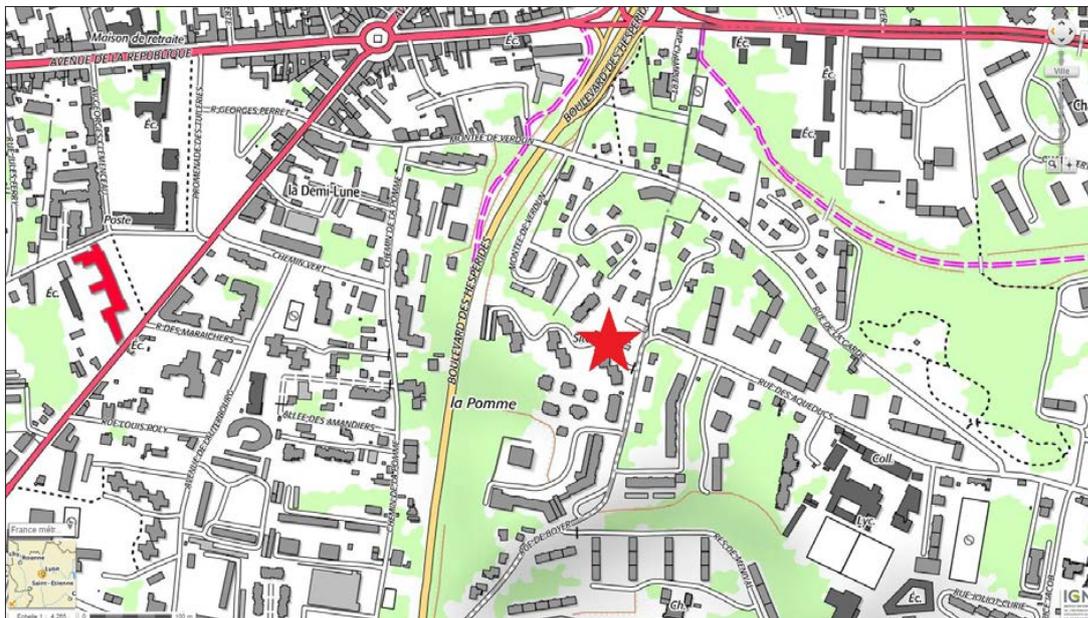
Pièces contractuelles :

Les pièces contractuelles du marché sont les suivantes :

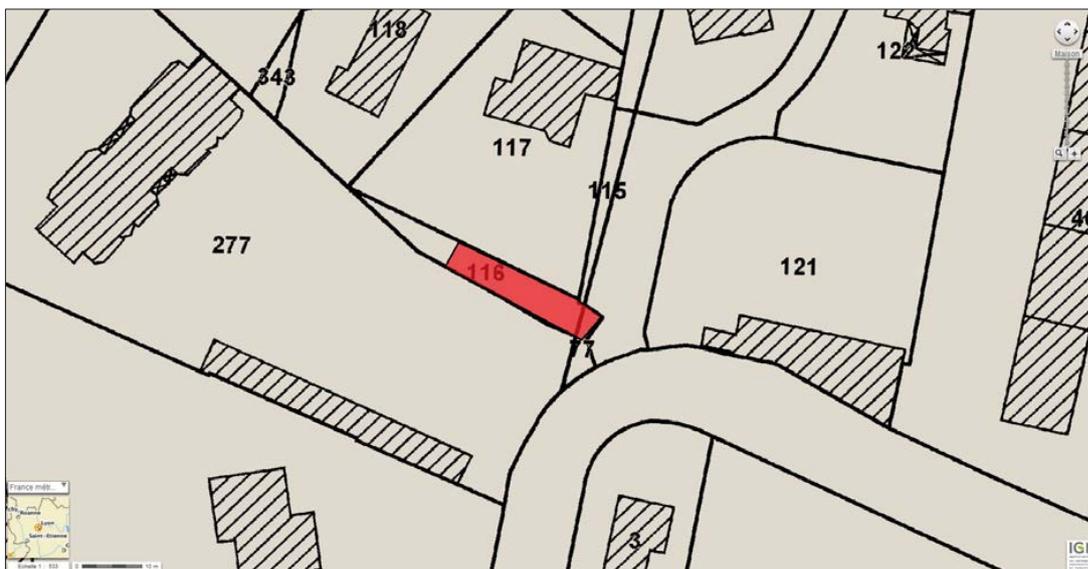
- l'acte d'engagement et ses annexes
- le cahier des clauses administratives particulières (CCAP) et ses annexes
- le cahier des charges pour le lot archéologie
- le programme ou calendrier détaillé d'exécution
- le cahier des clauses techniques particulières (CCTP)
- les actes spéciaux de sous-traitance
- la décomposition du prix global et forfaitaire = l'offre financière
- le présent mémoire justificatif
- le cahier des clauses administratives générales (CCAG Travaux)
- le cahier des clauses techniques générales (CCTG)

Opération de fouille archéologique préventive – n°2016_04_14_eb. Tassin la Demi-Lune (69). Aqueduc de la Brévenne.

Plan de localisation général



Plan de localisation de la prescription archéologique



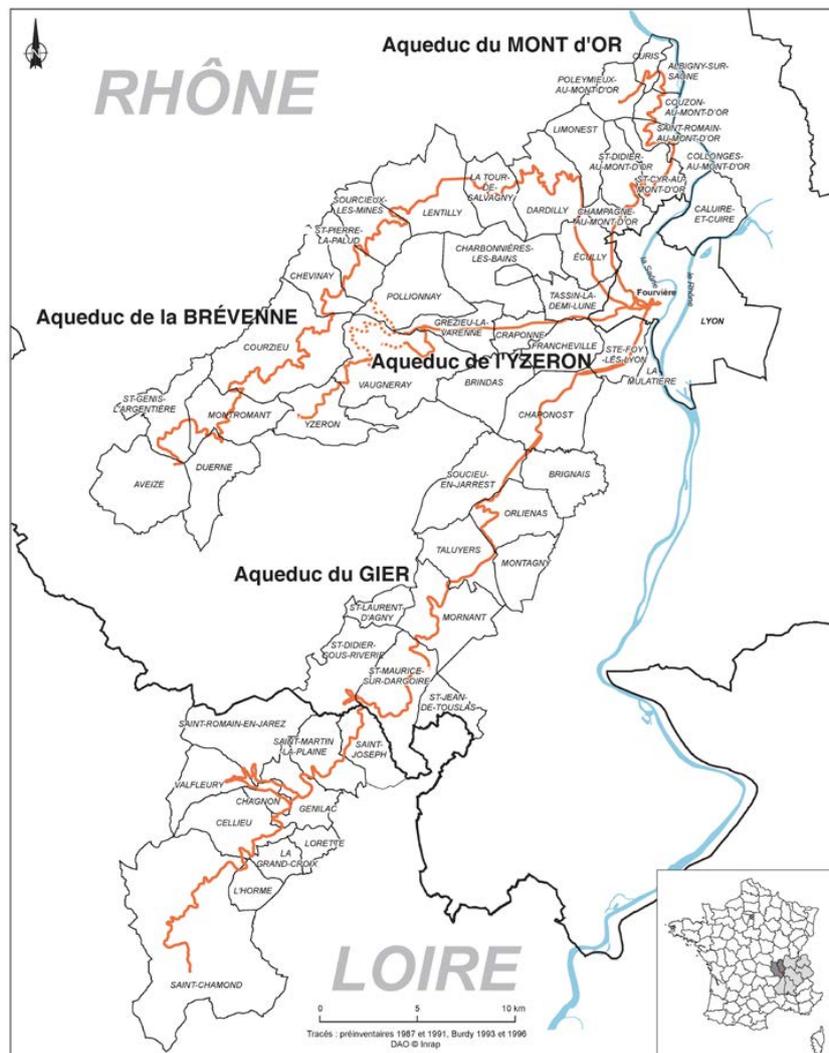
Opération de fouille archéologique préventive – n°2016_04_14_eb. Tassin la Demi-Lune (69). Aqueduc de la Brévenne.

PARTIE B – PROTOCOLE SCIENTIFIQUE D'INTERVENTION : OBJECTIFS, STRATÉGIE ET MÉTHODOLOGIE

1. Contexte historique et archéologique de l'opération

1.1 Les aqueducs antiques de Lyon

D'après Eschbach F., *Région Rhône-Alpes/Département Du Rhône (69), Dardilly, Chemin Des Cuers « Le Tronchon»* (Chaponnay : Archeodunum, Octobre 2008), 157 p. (3 Vol).



Carte de situation des quatre aqueducs (source : Coquidé C., Macabéo G., « Les aqueducs antiques de Lyon : l'apport de l'archéologie préventive (1991-2007) », *RAE*, 2010, p. 449).

Fondée en 43 avant J.-C sur ordre du Sénat de Rome par le gouverneur des Gaules, Lucius Munatius Plancus, la Colonia Copia Claudia Augusta Lugdunum (Lugdunum) s'installe sur les hauteurs de la colline de Fourvière, avant de déborder jusqu'à occuper la presqu'île actuelle. Située au débouché des routes alpines et au carrefour des voies fluviales, elle devient rapidement le départ des principales

Opération de fouille archéologique préventive – n°2016_04_14_eb. Tassin la Demi-Lune (69). Aqueduc de la Brévenne.

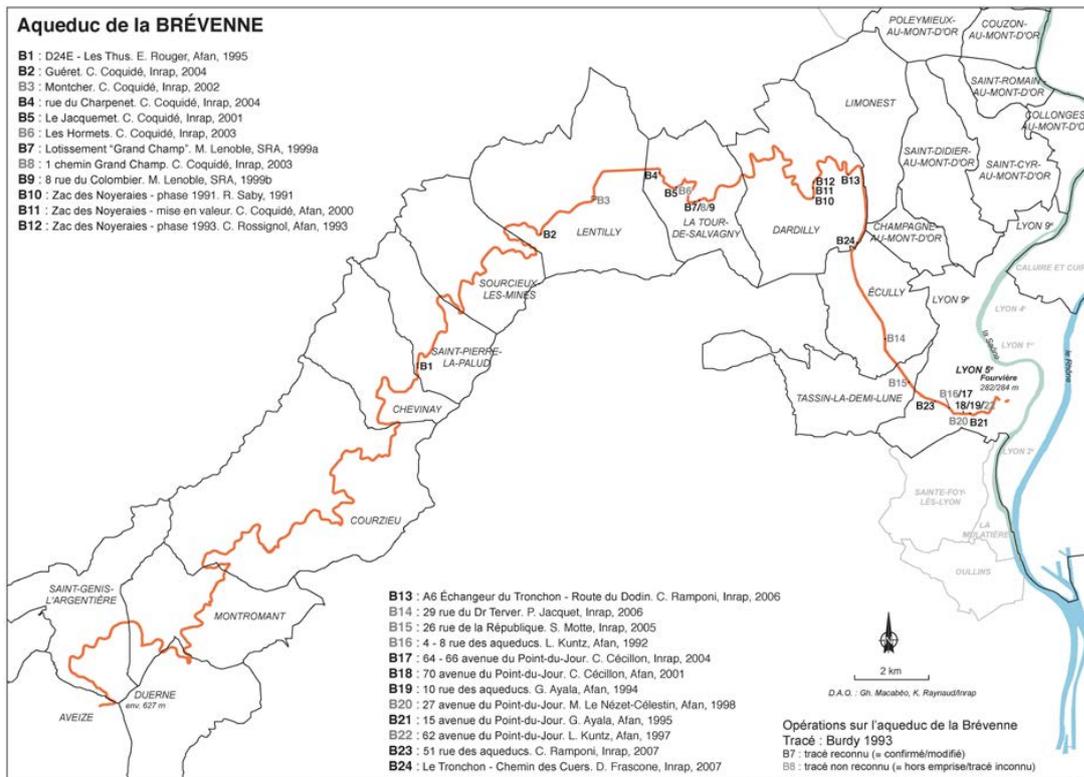
communications de tout le pays. Son essor en est considérablement accéléré. La construction des équipements urbains caractéristiques de la civilisation romaine souligne l'importance accordée à cette ville devenue capitale des Gaules. La prospérité y règne durant les deux premiers siècles de notre ère.

De par sa situation en hauteur, Lugdunum est très tôt confrontée aux problèmes d'adduction d'eau. C'est le cas notamment de la ville haute située entre 100 et 150 m au-dessus des cours du Rhône et de la Saône. Le site est pauvre en ressources propres et ce, même si nombre de puits et de citernes sont attestés. C'est donc en toute logique que les approvisionnements sont recherchés sur les hauteurs avoisinantes, sur la rive droite de la Saône: Massif du Mont d'Or, chaîne des Monts du Lyonnais et Mont Pilat. Tour à tour mises à contribution, ces montagnes porteront les origines des quatre aqueducs alimentant la ville.

En dehors des problèmes techniques qu'impose la topographie locale et qui ont nécessité toute l'ingéniosité des constructeurs (tunnels, ponts et siphons), la question de la datation de ces imposants ouvrages se pose depuis le début des études à l'aube du XX^e siècle ; à l'heure actuelle, elle n'est toujours pas définitivement réglée.

1.2 L'aqueduc de la Brévenne

D'après le cahier des charges scientifiques du SRA et Eschbach F., *Région Rhône-Alpes/Département Du Rhône (69), Dardilly, Chemin Des Cuers « Le Tronchon»* (Chaponnay : Archeodunum, Octobre 2008), 157 p. (3 Vol).



Tracé et opérations sur l'aqueduc de la Brévenne (source : Coquidé C., Macabéo G., « Les aqueducs antiques de Lyon : l'apport de l'archéologie préventive (1991-2007) », *RAE*, 2010, p. 451).

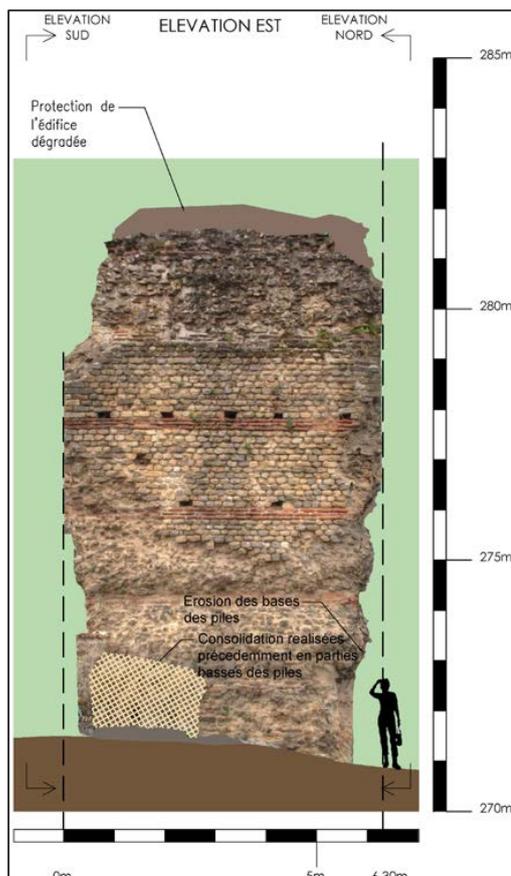
Opération de fouille archéologique préventive – n°2016_04_14_eb. Tassin la Demi-Lune (69). Aqueduc de la Brévenne.

L'aqueduc de la Brévenne, probablement la troisième des quatre constructions, collecte les eaux de l'étroit vallon d'Orjeolle à Aveize et de celui du Bois de La Verrière à Courzieu. S'étirant sur plus de 70 km pour un trajet rectiligne d'environ 25 km, il conduit ses eaux à Lyon, vers Saint-Just, où le dernier point connu (cote 282 NGF) laisse penser qu'il alimentait les édifices sur le bord des hauteurs de Fourvière. Construite au début du I^{er} s. de notre ère et parsemée de nombreux ouvrages d'art, cette réalisation avait un débit estimé à 10000 m³/jour.

Le tracé a été perturbé par la nécessité de traverser plusieurs vallées. Ainsi, en fin de parcours, la conduite devant traverser la large dépression du Vallon des Planches, il a été nécessaire, entre Écully et Tassin la Demi-Lune, de créer un siphon long de 2400 m et présentant une flèche de 90 m. Le monument objet de la présente prescription est le réservoir de fuite de ce siphon.

Malgré son aspect spectaculaire, le réservoir des Massues est, dans son état actuel, incomplet : le réservoir proprement dit ayant totalement disparu. On ne peut d'ailleurs à ce jour même pas certifier son emplacement exact au regard de l'arche la plus haute encore conservée. J. Burdy envisage qu'il soit installé sur le pilier succédant immédiatement ceux encore visibles.

Du monument, actuellement long d'une quarantaine de mètres et haut d'une douzaine, est conservé l'essentiel du rampant qui supportait les tuyaux de plomb amenant l'eau sous pression au réservoir, à l'exception de sa dernière arche au contact avec le réservoir.



Sa structure est dégradée avec des bases de piles profondément affouillées et les parements, en moellons de gn eiss, en grande partie disparus. On note la présence tous les 1,50m de trois assises de réglages en brique, un dispositif original et unique sur cet aqueduc.

Tassin La Demi-Lune, réservoir de fuite du pont siphon de l'aqueduc de la Brévenne, élévation Est.
 Source : DCE - état des lieux. Didier Repellin –
 Architecte en chef des monuments historiques. 6, rue
 Amédée Bonnet 69006 Lyon.

Opération de fouille archéologique préventive – n°2016_04_14_eb. Tassin la Demi-Lune (69). Aqueduc de la Brevenne.

2. Rappel des objectifs de l'étude

Nous reprenons ici le cahier des charges scientifique du SRA :

« Cette opération offre l'opportunité d'obtenir une datation fiable du monument et, au-delà de lui, de l'aqueduc de la Brevenne. À l'instar des 3 autres aqueducs, l'appréciation de l'ancienneté de cette canalisation est surtout liée à un schéma préconçu basé d'une part sur la longueur de chaque ouvrage (les ouvrages étant de plus en plus importants) et d'autre part en fonction de leur capacité de desserte de la colonie (desserte prioritaire des quartiers les plus hauts).

On ne dispose en fait à ce jour que de très peu d'éléments objectifs de datation, faute de matériel datant associé. De ce point de vue l'archéologie préventive n'a pas contribué à régler la question. Au contraire, des datations radiocarbone effectuées sur des enduits ont livré des résultats très divergents conduisant à s'interroger sur le mode opératoire ayant prévalu lors du prélèvement d'échantillons. Le problème de l'évolution et de l'entretien est d'ailleurs une question centrale à poser lors de cette intervention. La maçonnerie présente des caractères curieux. Malgré une facture qui semble homogène on remarque en effet des différences de gabarit entre les différentes piles et arches ce qui conduit à envisager une éventuelle reconstruction ; cette hypothèse pourrait être confirmée par la présence d'assises de réglage en briques, une caractéristique technique courante sur l'aqueduc du Gier mais unique pour la Brevenne. La problématique liée au vieillissement de l'ouvrage se nourrit d'ailleurs de l'omniprésence de traces de restauration retrouvés sur les différents chantiers de fouille l'ayant abordé. »

Le cahier des charges scientifique du Service régional de l'archéologie de Rhône-Alpes fixe donc trois objectifs principaux à cette opération d'archéologie préventive :

- 1) **Produire un relevé de l'intégralité du monument**, par photogrammétrie ou scanner 3D, en l'absence de relevé détaillé existant.
- 2) **Réaliser une étude archéologique du monument**, comprenant une étude du bâti, y compris la caractérisation des matériaux de construction (mortiers, pierres, terres cuites architecturales) et l'identification des réfections et restaurations, et un sondage archéologique au pied de la pile n°3, visant à documenter la structure du massif et les modalités de son insertion dans le substrat.
- 3) **Obtenir une datation fiable du monument**, la question de la chronologie de la construction des quatre aqueducs antiques de Lyon restant à l'heure actuelle irrésolue. Le cahier des charges impose pour ce faire l'obligation de réaliser une datation par archéomagnétisme sur les briques constituant les arases de réglage.

3. Organisation générale de l'opération, calendrier d'intervention

L'opération de fouille préventive devra impérativement se conformer et s'intégrer au planning des travaux de restauration.

Opération de fouille archéologique préventive – n°2016_04_14_eb. Tassin la Demi-Lune (69). Aqueduc de la Brévenne.

L'équipe d'archéologues devra donc constamment optimiser son mode d'intervention et l'adapter au programme des travaux ainsi qu'à la nature et à la densité des vestiges, en conciliant et en respectant les objectifs fixés par la prescription, les délais du chantier de réhabilitation et les mesures de sécurité. Il est notamment prévu que l'équipe archéologique puisse réaliser un suivi en cours de chantier si les travaux le nécessitent.

À l'heure actuelle, le planning prévisionnel fixe trois périodes d'intervention :

- le sondage en pied de pile 3 en mois 1 semaine 1 ;
- les prélèvements en mois 1 semaine 3 ;
- le relevé photogrammétrique en mois 2, semaines 3 et 4.

Cependant, et ce afin d'optimiser notre intervention et de répondre aux exigences du cahier des charges, nous proposons une intervention en cinq périodes d'intervention (voir partie C) :

- le suivi archéologique des différentes interventions de travaux selon nécessité, conformément au cahier des charges du SRA ;
- le sondage en pied de pile n°3 en mois 2, semaine 3, après purge des végétaux et maçonneries modernes, et notamment des consolidations réalisées précédemment en parties basses des piles, et après dépose des échafaudages pour relevé archéologique ; l'étude archéologique du bâti des parties basses des élévations sera réalisée conjointement au sondage, avant les opérations de restitution des bases des piles prévues en mois 3, semaines 2 et 3 ;
- le relevé photogrammétrique en mois 2, semaine 4, afin que les maçonneries mises au jour dans le sondage soient intégrées au relevé et que l'archive numérique acquise soit la plus complète possible ;
- une étude archéologique et une campagne de prélèvements pour analyse en mois 4, semaines 1 et 2, afin d'effectuer un suivi archéologique des purges et ouverture des murs de clôtures et des démolitions des murs sous les arches 1 et 2, conformément au cahier des charges du SRA, et de réaliser des prélèvements pertinents, fondés sur l'analyse archéologique ;
- le délai maximum de remise du rapport de fouilles restera cependant compris dans le délai d'exécution global prévu à l'article 5 de l'acte d'engagement, soit huit mois hors mois de préparation.

4. Méthodologie des différentes phases de l'opération

4.1 Suivi archéologique des travaux de purge, démolitions, tranchées...

Dès réception de l'ordre de service, l'équipe archéologique se mettra en relation avec le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre ainsi qu'avec l'entreprise titulaire du lot n°1 maçonnerie/ pierre de taille/ échafaudages/ électricité afin de connaître précisément le programme des travaux et d'établir un calendrier prévisionnel d'intervention adapté à celui-ci.

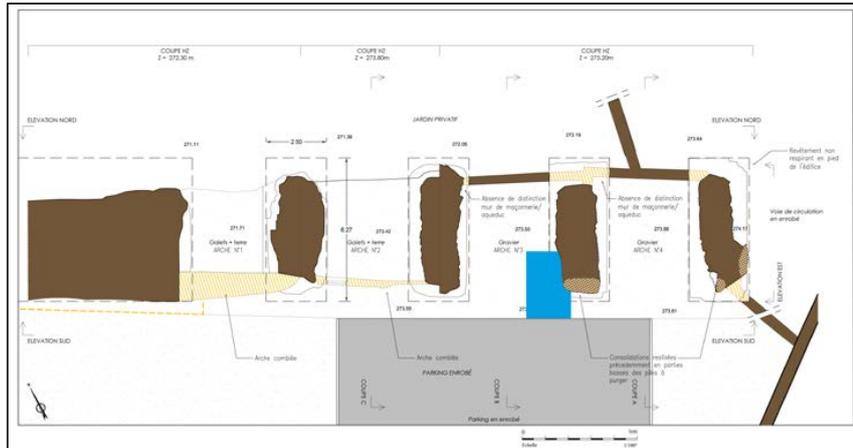
Un archéologue basé à l'agence de Lyon effectuera le suivi des travaux de purge, de démolitions, de réalisation de tranchées, etc. en modulant sa présence sur le chantier en tant que de besoin.

Opération de fouille archéologique préventive – n°2016_04_14_eb. Tassin la Demi-Lune (69). Aqueduc de la Brévenne.

Les éléments mis au jour feront l'objet d'une documentation préalable (numérotation, fiche de structure, prise de vue) afin d'éviter toute perte d'information. ??

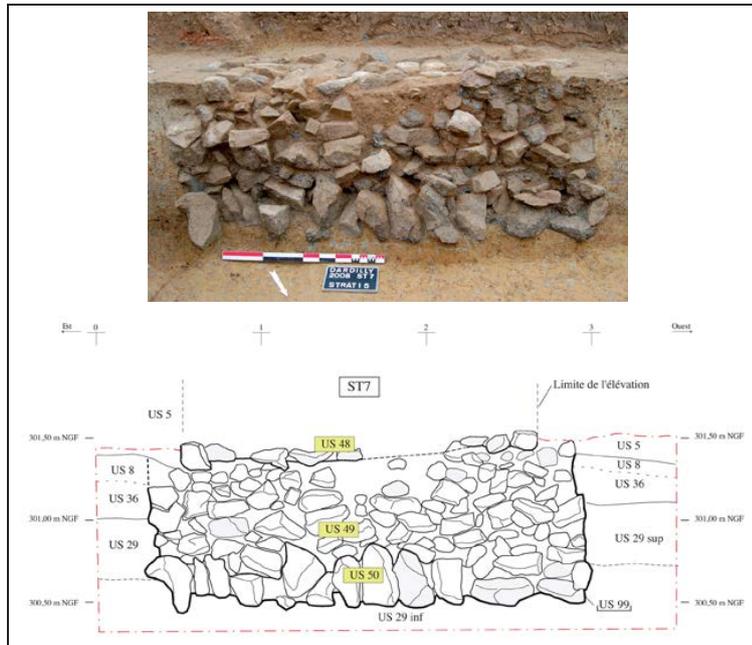
4.2 Sondage archéologique en pied de pile n°3

Un sondage archéologique sera pratiqué au pied de la pile n°3, afin de clarifier les modalités d'insertion dans le substrat et de vérifier la structure du massif.



Implantation du sondage au pied de la pile n°3 (en bleu). Source : DCE - état des lieux. Didier Repellin – Architecte en chef des monuments historiques. 6, rue Amédée Bonnet 69006 Lyon.

Le sondage sera implanté à l'angle sud-ouest de la pile et sera réalisé manuellement. Sa surface et sa profondeur seront fonction des caractéristiques des vestiges. À titre de comparaison, les piles de l'aqueduc de la Brévenne sur le site du Tronçon à Dardilly offraient une fondation débordante d'environ 25 cm de part et d'autre, et de moins de 1 m de profondeur.



Vue en coupe d'un massif de fondation de l'aqueduc de la Brévenne (Eschbach F., Rhône (69), Dardilly, Chemin Des Cuers « Le Tronçon » (Chaponnay : Archeodunum, Octobre 2008), 157 p. (3 Vol).

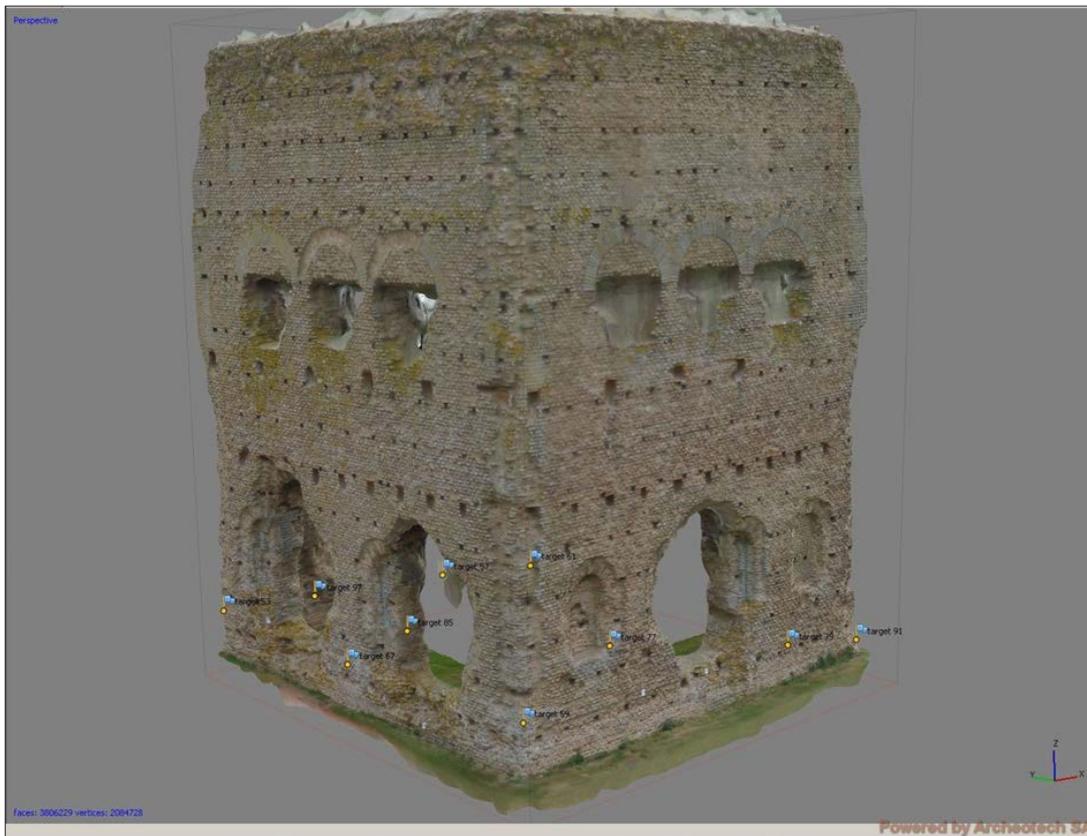
Opération de fouille archéologique préventive – n°2016_04_14_eb. Tassin la Demi-Lune (69). Aqueduc de la Brévenne.

4.3 Relevé photogrammétrique

Le relevé photogrammétrique sera réalisé par la société Archeotech avec le drone ASTEC Falcon Trinity équipé d'une caméra Sony Alpha 7r d'une résolution de 40 megas pixels.

L'acquisition des données donnera lieu à la production d'un modèle 3D texturé et au calcul des orthophotos des élévations principales et des piliers des arches, une vue en plan et un profil au sol à une résolution spatiale de 5mm/pixel.

Cette approche de relevé photogrammétrique permettra de disposer d'une **archive numérique 3D haute définition des structures en élévation après purge des végétaux et maçonneries modernes et avant restauration**, et de disposer de l'ensemble des données métriques indispensables à la constitution de la documentation.



Exemple de modèle 3D texturé : Temple de Janus à Autun (71) (Source : Archeotech)

Opération de fouille archéologique préventive – n°2016_04_14_eb. Tassin la Demi-Lune (69). Aqueduc de la Brévenne.



Exemple d'orthoplan par relevé photogrammétrique : Temple de Janus à Autun (71) (Source : Archeotech)

4.4 Étude archéologique des maçonneries

Les orthoplans des élévations issus du relevé photogrammétrique serviront de support à l'étude archéologique des maçonneries. À cette fin, ces documents feront l'objet d'un tirage à l'échelle 1/50° ; ils pourront être complétés par des relevés manuels à l'échelle 1/20° en fonction de la pertinence pour la

Opération de fouille archéologique préventive – n°2016_04_14_eb. Tassin la Demi-Lune (69). Aqueduc de la Brévenne.

démonstration. Les relevés de détails seront reportés sur les relevés généraux, l'ensemble étant recadré dans un système topographique rattaché au système national.

L'opération de terrain se déroulera selon les méthodes de l'archéologie du bâti, suivant un protocole adapté aux travaux effectués et aux objectifs fixés pour l'étude :

- La qualité des **matériaux de construction** sera notée sur l'ensemble des élévations concernées (nature des pierres, technique d'appareillage, traces de taille, indices de rempli ; nature du mortier ; nature des enduits...).
- Des **prélèvements de pierre** seront effectués en vue d'une détermination géologique en laboratoire. M. Hugues Savay-Guerraz, spécialiste des matériaux de construction à Lugdunum, sera en outre consulté et invité à venir nous apporter son expertise *in situ*.
- Des **prélèvements de mortiers** seront également réalisés en vue d'une étude macroscopique en laboratoire, pour caractérisation et comparaison typo-chronologique.
- Une attention particulière sera portée aux **indices de réfection ou de reconstruction** ; les liaisons verticales et horizontales entre les différents éléments de chacune des élévations concernées afin d'établir la **chronologie relative des différentes maçonneries**.
- Il sera procédé à la photographie et à la localisation des trous de boulins et de toutes autres structures en creux. Tout autre élément remarquable sera également photographié et documenté.

Mode d'enregistrement des données : la documentation de terrain

L'ensemble des données disponibles sera renseigné sur les relevés manuels ou automatisés qui seront réalisés selon une échelle adaptée à la problématique. Les éventuels prélèvements effectués pour analyse seront également reportés sur ces relevés, avec l'identifiant qui sera envoyé au laboratoire d'analyse.

Ces relevés seront accompagnés d'une documentation écrite (fiches Unité de Construction, Unité Stratigraphique...) réalisée sur tablette tactile destinée à l'enregistrement stratigraphique systématique de l'ensemble des données.

Des clichés photographiques systématiques seront réalisés tout au long de l'intervention.

4.5 Prélèvements et analyses en vue de datation

Le cahier des charges du Service régional de l'archéologie impose l'obligation de réaliser une datation par archéomagnétisme sur les briques constituant les arases de réglage.

Nous avons donc contacté M. Philippe Lanos, directeur de recherche au CNRS, responsable du laboratoire d'archéomagnétisme et de modélisation chronologique hébergé à Géosciences-Rennes (UMR 6118), auteur des analyses du même type réalisées sur l'aqueduc du Gier (pont-siphon de Beaunant et Plat de l'Air). Nous reproduisons ici la réponse écrite qu'il nous a transmise par mail :

« L'examen des plans du réservoir de fuite de la Brévenne à Tassin-la-Demi-Lune montre un nombre potentiel de briques "prélevables" bien inférieur à la centaine requise. D'autre part, les tranches des

Opération de fouille archéologique préventive – n°2016_04_14_eb. Tassin la Demi-Lune (69). Aqueduc de la Brévenne.

briques sont souvent érodées, d'où un repérage qui sera difficile. Enfin, on peut suspecter d'éventuelles reprises à des dates différentes, d'où des mélanges à craindre qu'il ne sera pas possible de séparer par les seules mesures magnétiques.

De façon générale, les analyses AM (datation à partir de l'inclinaison) sur briques prélevées sur place au carottier sont souvent entachées d'erreurs importantes liées au mauvais état de conservation des tranches des briques. Cela pose des problèmes de repérage qui ne peuvent pas être compensés ensuite dans les mesures, même avec un grand nombre d'échantillons (il en faut au moins 100). Ce type d'intervention n'est donc raisonnablement envisageable que si les surfaces des tranches sont parfaitement conservées. Notons que les prélèvements sur le Pont de Beaunant (aqueduc du Gier) il y a une vingtaine d'année avaient permis une datation fiable du fait que les tranches des briques étaient bien conservées et que l'ensemble était homogène. » (Mail de Ph. Lanos du 18/04/2016)

La probabilité d'une impossibilité de réaliser les prélèvements et analyses demandés s'avère donc importante. La datation des quatre aqueducs antiques de Lyon demeurant cependant une problématique largement irrésolue, il nous paraît nécessaire de conserver cette option, qui fera l'objet d'une variante.

Une seconde option pourrait résider dans la réalisation de datation radiocarbone sur d'éventuels charbons de bois présents dans les mortiers de construction. Le cahier des charges scientifique du SRA évoque des « résultats très divergents » obtenus antérieurement par radiocarbone, probablement du fait du mode opératoire ayant prévalu lors des prélèvements. L'analyse archéologique du bâti permettra de garantir une sélection pertinente des échantillons, qui seront prélevés dans des conditions garantissant l'absence de pollution.

Les datations au radiocarbone seront réalisées soit directement sur les mortiers eux-mêmes, c'est-à-dire sur le carbonate de calcium formé lors de la prise de la chaux, soit indirectement à partir des inclusions organiques présentes dans le mélange (charbon bois...), en fonction des prélèvements qui pourront être effectués. Un échantillonnage de trois prélèvements déterminés comme chronologiquement cohérents lors de l'analyse du bâti sera nécessaire afin d'obtenir des résultats significatifs.

Les datations seront réalisées par spectrométrie de masse couplée à un accélérateur (SMA), la SMA permettant de diminuer considérablement la quantité nécessaire par échantillon. L'analyse sera réalisée par le Centre de Datation par le RadioCarbone de l'Université Lyon 1 (UMR 5138, Laboratoire ArAr Archéométrie et Archéologie).

Cette seconde option fera également l'objet d'une variante.

Opération de fouille archéologique préventive – n°2016_04_14_eb. Tassin la Demi-Lune (69). Aqueduc de la Brévenne.

5. Traitement des données

L'exploitation des données acquises est réalisée par l'opérateur dans ses locaux. L'ensemble des opérations sera mené conformément aux articles 56 à 60 du décret n° 2004-490 du 3 juin 2004 et aux arrêtés des 16 et 27 septembre 2004 précisant les normes de contenu, de fond et de forme.

Le rapport comporte les trois sections spécifiées dans les arrêtés nommés ci-dessus, et est organisé comme suit :

- **Volume 1** : texte
 - documents administratifs (prescription, cahier des charges, arrêtés, mémoire technique)
 - présentation de l'aménagement
 - présentation du contexte géographique et archéologique
 - rappel des données du diagnostic
 - présentation des vestiges par période d'occupation (du plus ancien au plus récent)
 - études du mobilier et études spécialisées (anthropologie, faune, restes végétaux, etc.)
 - synthèse générale qui reprend l'ensemble des données et les confronte aux connaissances antérieures sur le site et sur l'environnement immédiat et régional
 - bibliographie
- **Volume 2** : illustrations
 - plans généraux des vestiges, plans de détail, coupes, restitutions
 - dessins du mobilier
- **Volume 3** : annexes
 - inventaire des structures et couches archéologiques
 - inventaire de la documentation graphique et écrite (fiches, dessins)
 - inventaire des photographies
 - inventaire des différents types de mobilier
 - résultats des analyses
 - articles de presse ou de publications scientifiques relatifs aux fouilles

Le Rapport Final d'Opération sera remis en huit exemplaires dont un reproductible informatique au format Adobe Acrobat (format pdf) ainsi que les sources au service régional de l'Archéologie. Par ailleurs, l'opérateur fournira au maître d'ouvrage l'ensemble des plans et levés topographiques au format DWG.

Le rendu numérique des données principales (emprise de décapage, plan d'ensemble des structures) sera effectué sous la forme de fichiers compatibles avec le format Shape, avec une géométrie polygonale et le Lambert III comme système de projection.

Notice d'opération scientifique

Le rapport sera accompagné de la notice d'opération scientifique adressée au format numérique (rtf), et destinée à une parution en ligne sur le site de la revue AdIFI, Archéologie de la France, Informations.

Opération de fouille archéologique préventive – n°2016_04_14_eb. Tassin la Demi-Lune (69). Aqueduc de la Brévenne.

Conditionnement et archivage

L'ensemble du mobilier fera l'objet d'un processus de conservation, de conditionnement et d'inventaire conforme aux préconisations du Service Régional de l'Archéologie (Protocole pour la conservation, le conditionnement, l'inventaire et la remise du mobilier et de la documentation scientifique annexé au cahier des charges). Il sera ensuite restitué, dans les délais indiqués et suivant le protocole établi.

La documentation écrite et numérique fera l'objet d'un même inventaire et conditionnement suivant les normes établies. Elle sera également remise au Service Régional de l'Archéologie en même temps que le mobilier.

6. Moyens humains : constitution de l'équipe et qualifications

Les curriculum vitae des intervenants sont joints en annexe 4 du mémoire technique.

Une affectation prévisionnelle des moyens humains peut être envisagée comme suit :

- un cadre référent qui sera l'interlocuteur du maître d'ouvrage pour tout problème technique ou administratif, et qui assistera le responsable d'opération par sa mission d'expertise : **Emmanuelle BOISSARD**, responsable du pôle bâti.
- un archéologue responsable d'opération spécialisé en archéologie romaine et disposant de bonnes connaissances en hydraulique antique : **François ESCHBACH**.
- un archéologue technicien spécialiste de l'archéologie du bâti : **Camille COLLOMB**.
- un topographe : **Guilhem TURGIS**.
- un maquettiste : **Sandrine SWAL**.

TEXTES ET FIGURES

1. Introduction

1.1 Cadre de l'intervention

L'intervention s'est déroulée sur la parcelle AR 116, sise sur la commune de Tassin-La-Demi-Lune, au lieu-dit « Les Massues » (cf. localisation du site). Elle s'inscrit dans le cadre d'un programme de consolidation et de restauration des vestiges du réservoir de fuite du pont siphon d'Ecully de l'aqueduc de la Brévenne. Le maître d'ouvrage du projet d'aménagement public est la DRAC Auvergne-Rhône-Alpes. Les travaux de restauration et consolidation sont réalisés par l'entreprise Comte à Champdieu (Loire).

Cette opération d'archéologie du bâti représente une rare occasion d'observation et de relevés de détail dans la déjà longue histoire de l'étude de l'aqueduc de la Brévenne (Burdy 1993, pp. 20-26).

L'intervention effectuée parallèlement aux travaux de consolidation et restauration a autorisé une approche et une observation minutieuses, jusqu'ici difficilement réalisables. Par ailleurs, l'opportunité d'obtenir de nouvelles informations sur la chronologie et d'établir un relevé détaillé était également à saisir. Cela est d'autant plus vrai que comme le souligne J. Burdy : « *Curieusement, l'édifice des Massues n'a guère retenu l'attention. Flachéron, Gabut, Germain de Montauzan, Jeancolas ne lui consacrent que quelques lignes ; aucun n'en donne un dessin. C'est pourtant l'édifice le mieux conservé, le plus spectaculaire de l'aqueduc de la Brévenne* » (*ibid.* : p. 174).

Suite à un planning mouvementé, l'opération s'est déroulée en plusieurs étapes. Du 22 au 26 août, la première phase a été consacrée à la réalisation d'un sondage manuel au pied de la pile 1. Le 17 octobre le chantier a été entièrement libéré pour permettre les prises de vues photogrammétriques réalisées par la société Archeotech (Lausanne, CH), spécialisée dans ces techniques. Du 14 au 25 novembre, les travaux ont concerné l'étude du bâti proprement dite. Du 29 au 30 novembre le laboratoire Géosciences (Montpellier) est intervenu pour la réalisation de carottages dans les briques en vue d'analyses archéomagnétiques. Entre ces dates et au-delà jusqu'en janvier 2017, diverses interventions de surveillance des travaux ont été assurées ponctuellement.

1.2 Déroulement de l'opération et méthodologie

La présente opération d'archéologie préventive a été prescrite conjointement à l'intervention visant la restauration/consolidation et la mise en valeur du monument ; sécurisation et accessibilité. L'intervention sur le monument a nécessité quelques préalables.

Des travaux de nettoyage (suppression des végétaux enracinés dans la maçonnerie) et de renforcements urgents effectués par l'entreprise Comte ont donc précédé la venue des archéologues. Il a été procédé à une purge superficielle ainsi qu'un désherbage sur la totalité du monument. Ceci a permis d'évacuer les éléments désolidarisés de l'ensemble pour éviter leur chute.

Non prévues dans le programme initial, plusieurs interventions à la base des piles ont nécessité des déplacements supplémentaires sur le terrain. Ce dernier travail a permis quelques précisions sur la conservation du parement originel en profondeur. L'exiguïté des tranchées et le faible espace sous échafaudage ont rendu l'accès peu commode. Par ailleurs, les fondations n'ont pas été systématiquement atteintes.

L'opération archéologique proprement dite a débuté par le creusement d'un sondage manuel au pied de la face occidentale de la pile 1 (**fig. 1 et 6**). Ce dernier, profond de 120 cm pour une longueur de 350 cm, a permis d'atteindre la base des fondations de cette pile et de mesurer ses débords de part et d'autre, données jusqu'ici inconnues. Par déduction, il a été possible d'en estimer les dimensions générales.

Suite à divers malentendus, problèmes d'agenda et météo, la seconde phase des travaux, initialement prévue dans la continuité de la première, a été reportée à plusieurs reprises pour finalement se caler du 14 au 25 novembre, période moins favorable aux observations (journées courtes et sombres, pluies fréquentes). Un examen global des surfaces d'études a été entrepris afin d'établir une liste des tâches à effectuer en priorité dans le court temps à disposition. Il n'existe pas de méthodologie propre à ce type d'intervention, celle-ci demeurant exceptionnelle sur les aqueducs. Un traitement «classique» de relevé au pierre à pierre n'était pas envisageable. Du point de vue de la documentation graphique détaillée, l'option retenue a été celle d'un relevé (éch. : 1/20) de toutes les surfaces visibles, à l'exception de l'intrados des arches. La partie au sol, à l'ouest de la première arche, a également été laissée de côté car elle ne présente que très peu d'intérêt pour la compréhension du monument vu son état de ruine. Les relevés ont été établis sur la base des documents photogrammétriques réalisés à cet effet¹. Par ailleurs, il faut rappeler que la grande majorité des surfaces conservées est soit totalement érodée, laissant apparaître le blocage de la masse de construction, soit recouverte par des mortiers modernes de protection. Dans les deux cas, l'intérêt architectural est minime.

Lors de la mise au net de ces documents plusieurs difficultés sont apparues. La documentation orthophotographique pâtit d'un certain nombre de zones d'ombre, secteurs aux contours imprécis, empêchant le relevé détaillé de ces portions du monument. Elles sont dues pour grande partie à une végétation implantée trop proche du monument interdisant le passage du drone et même les prises de vues manuelles. C'est principalement la face nord du monument qui souffre de ces désagréments. On touche visiblement ici les limites d'application de cette méthode entraînant une définition insuffisante, des problèmes de raccords entre les différents segments et des déformations en périphérie gênant un résultat totalement satisfaisant. D'un point de vue strictement archéologique, il eut été bien plus intéressant de réaliser les prises de vue ortho après décroutage et élagage complets et avec tous les dégagements de pied de piles ouverts...

L'ensemble des vestiges a fait l'objet d'une couverture photographique au fur et à mesure de l'avancement des observations. Il s'agit de documents numériques. La présence des échafaudages a empêché toute prise de vue générale complémentaire. Les photographies de détails n'ont pu être prises dans des conditions idéales, faute à l'ombre portée et à la structure même de l'échafaudage.

Concernant les parties manquantes (érodées, arrachées) du monument, la majorité des mesures reportées sur plans et élévations provient du positionnement virtuel des angles pour la plupart disparus, sur la base d'une prolongation en deux dimensions des parements conservés.

Le dernier volet de la présente étude a consisté en un examen, sous toutes les faces, de l'ensemble du monument. Chacune des piles a été décrite séparément, face par face, panneau après panneau, de bas en haut sur les relevés de terrain. Les résultats présentés ci-après en sont donc une synthèse.

Diverses analyses ont été réalisées : mortiers, matériaux lithiques et archéomagnétisme.

Le topographe de la société est intervenu pour l'enregistrement des données topographiques nécessaires à l'établissement du plan de base et au calage des documents graphiques.

¹ A propos de ces documents, précisons qu'ils ont été jugés suffisants par le SRA (février 2017), malgré de nombreux soucis tenant autant à leur qualité finale qu'à l'angle de prise de vue de certaines faces. Par rapport aux premiers documents utilisés sur le terrain, il a été établi que les dernières versions corrigées n'apportent qu'une modification négligeable sur la longueur du monument (-1%) et nulle en ce qui concerne l'altimétrie. En conséquence, une reprise de l'ensemble de ces documents s'est avérée superflue.

1.3 Contextes et principaux objectifs

1.3.1 Aperçu géographique et géologique

En périphérie ouest de l'agglomération lyonnaise, le site est implanté en bordure du Plateau lyonnais, sur la commune de Tassin-La-Demi-Lune (cf. localisation 1/25'000). Le Plateau lyonnais, au pied des Monts du Lyonnais, constitue un replat d'érosion incliné d'ouest en est, entre 300 et 350 m d'altitude.

Le sous-sol appartient à des complexes morainiques würmiens de caractère hétérométrique. Ce sont des moraines d'ablation ou des moraines de fond.

Le dégagement des fondations de l'angle nord-ouest de la pile 1 a permis d'atteindre le toit du substrat géologique en place, en l'occurrence une moraine très indurée liée au passage des glaciers dans la région. Sur place, sa rigidité a été constatée, pratiquement aussi résistante que la maçonnerie elle-même. Cette caractéristique n'a pas échappé aux ingénieurs antiques qui ont choisi d'en profiter pour asseoir les fondations de leur construction.

Les couches supérieures étant fortement remaniées, rien ne peut en être dit et corolairement aucun mobilier archéologique extrait.

1.3.2 Le contexte archéologique

Dès 43 avant J.-C., la Colonia Copia Claudia Augusta Lugdunum (Lugdunum) s'installe sur la colline de Fourvière. Située au carrefour des routes alpines et des voies fluviales, elle devient rapidement le départ des principales voies de communication de tout le pays. Dès les origines, la capitale des Gaules jouit des équipements urbains caractéristiques de la civilisation dont les nombreux et célèbres aqueducs font partie. Située entre 100 et 150 m au-dessus des cours du Rhône et de la Saône, Lugdunum est très tôt confrontée aux problèmes d'adduction d'eau. Sur le site, malgré un nombre important de puits et de citernes recensés, les ressources sont rapidement insuffisantes à couvrir tous les besoins. C'est pourquoi de nouveaux approvisionnements sont recherchés sur les hauteurs avoisinantes : massif du Mont d'Or, chaîne des Monts du Lyonnais et Mont Pilat. Tour à tour mises à contribution, ces proéminences porteront les origines des quatre aqueducs alimentant la ville antique.

Le tracé de l'aqueduc de la Brévenne, probablement la troisième des quatre constructions lyonnaises de ce type, se déroule sur plus de 70 km. De son origine, un vallon situé sur la rive gauche de la rivière d'Orjolle, il mène ses eaux jusque dans la ville antique, probablement sur les hauteurs de Saint-Just où l'on suppose qu'il alimentait des édifices sur le bord des hauteurs de Fourvière. Son débit est estimé à 10'000 m³/jour. Le tracé est perturbé par nombre d'accidents topographiques. C'est ainsi que, face à la dépression du Vallon des Planches, les ingénieurs antiques ont dû concevoir un gigantesque aménagement pour franchir cet obstacle. Ils ont établi un pont-siphon long de 3'500 m, entre Écully et Tassin-La-Demi-Lune. Comme tous les aménagements de ce type, celui de Tassin se termine par un réservoir de fuite aux « Massues », objet de la présente opération.

Ce « rampant » destiné au support des canalisations de plomb de la conduite forcée mesure environ 45 m de longueur pour une hauteur maximale conservée de 11 m.

Très imposant, le monument parvenu jusqu'à nous est cependant incomplet. Outre les nombreuses dégradations causées par l'érosion et les diverses constructions établies contre sa façade sud ainsi que sur le monument lui-même et sous ses arches, il n'existe pas le moindre vestige du réservoir proprement dit. C'est aujourd'hui l'un des principaux enjeux archéologiques de cette construction : restituer la position et proposer une altitude pour le réservoir disparu. De ces informations dépendront les hypothèses de l'aboutissement final de l'aqueduc dans la ville antique.

Du monument est conservé l'essentiel du rampant, reposant sur quatre arches, qui supportait les tuyaux de plomb amenant l'eau sous pression jusqu'au réservoir disparu.

Parmi les nombreuses études et/ou représentations traitant des aqueducs lyonnais, rares sont celles comportant des relevés de détail et certaines incluent des erreurs surprenantes. C'est le cas de certaines vues d'artistes de l'aqueduc de la Brévenne, notamment du monument des Massues. Celle de J. Baron figure un parement à décor en *opus reticulatum* qui n'existe pas dans la réalité (fig. 2) tandis que celle de J. Fructus-Rey est pour le moins fantaisiste (Burdy 2006, fig. 20).

Après plusieurs décennies d'études et une multiplication des interventions sur l'un ou l'autre des aqueducs lyonnais, le problème de leur datation absolue n'est pas définitivement résolu.

1.4 Rappel des principaux objectifs de l'intervention et leurs limites

L'opération archéologique proprement dite a été réalisée en deux étapes : du 22 au 26 août, puis du 14 au 25 novembre 2016. Des missions ponctuelles de surveillance se sont greffées selon disponibilités et intérêt.

La première étape a porté sur la réalisation d'un sondage manuel au pied de la pile 1 (fig. 6). La seconde a concerné l'étude de l'ensemble du monument sous toutes ses faces par le biais d'un relevé à grande échelle.

Il s'agissait tout d'abord d'établir un relevé analytique, coté à grande échelle, de l'intégralité du monument. Toutes les parties apparentes, à l'exception de l'intrados des arches et du dessus du monument, ont été traitées à l'échelle 1/20 sur la base des documents numériques réalisés à cet effet. Cela a permis de noter des irrégularités dans la construction et de mettre en évidence différents types de restaurations modernes par le biais du prélèvement d'échantillons de mortier et de leur analyse.

L'évolution et l'entretien constituent une autre problématique centrale. C'est ainsi qu'un effort particulier a été consacré à la recherche de preuves tangibles de modifications antiques (réfections, améliorations, consolidations). Celles-ci pourraient, le cas échéant, servir à l'établissement d'un phasage et d'une chronologie relative de la construction.

L'étude des mortiers (Camille Collomb) utilisés a souligné l'homogénéité du monument des Massues. Elle a permis d'exclure toute intervention antique. Il était indispensable de s'en assurer puisque des opérations de ce type, mettant en œuvre des techniques différentes ou même réalisées à l'identique, sont attestées pour l'aqueduc du Gier sur le pont du Langonand à Saint Chamond² ou sur une pile du Pont de Beaunant à Sainte-Foy³.

Le troisième objectif a été, conformément au cahier des charges, celui de la datation du monument et à travers elle, celle de l'ensemble de l'aqueduc. Pour cela, une série de prélèvements extraits des briques appartenant à la construction a été pratiquée. Par carottage, quatre-vingt-trois échantillons ont été prélevés en vue d'analyses archéomagnétiques. L'archéomagnétisme étudie les empreintes du champ magnétique terrestre enregistrées dans certains artefacts archéologiques (notamment les terres cuites architecturales). Ces analyses ont apporté des résultats inédits intéressants qui, indirectement, relancent peut-être la chronologie relative des aqueducs lyonnais.

La question de la chronologie absolue des aqueducs de Lyon est toujours d'actualité. Aujourd'hui encore, on ne dispose que de peu d'éléments de datation, faute de mobilier datant associé. Les datations radiocarbone effectuées jusqu'ici sur des enduits ont livré des résultats insatisfaisants, conduisant les archéologues à poursuivre les efforts de recherche.

² D'autres exemples figurent dans l'ouvrage de J. Burdy (Burdy 1996, p. 240-257).

³ R. Royet, communication orale et Desbat 2011, p. 180 et 185.

Une partie des aqueducs de Rome est datée avec précision grâce aux archives antiques (Frontin) et aux dédicaces présentes sur certaines arches ; toutefois, il s'agit de cas exceptionnels et la datation exacte des aqueducs lyonnais reste un problème épineux, même s'il progresse au fil des nombreuses interventions⁴. A Tassin, la présente opération a été mise à profit pour tenter d'extraire d'éventuels charbons de bois inclus, de manière aléatoire, dans les mortiers de liaison. Malheureusement cette recherche est restée infructueuse.

Hugues Savay-Guerraz a gentiment accepté de prendre en charge l'étude des éléments calcaires de la construction.

Grâce à la réalisation d'un sondage manuel au pied de la pile 1, la structure des fondations de même que son insertion dans le substrat géologique ont pu être succinctement observées.

Par ailleurs, nous avons jugé opportun de reprendre les hypothèses de restitution du monument originel afin de tenter de préciser l'altitude de la tranche d'eau au sortir du réservoir ainsi que la forme de ce dernier.

⁴ Quelques précisions ont pu être apportées concernant l'aqueduc de la Brévenne lors de l'opération de fouilles préventives de Dardilly / Ch. des Cuers (Eschbach 2008). Voir aussi Desbat 2011 pour l'aqueduc du Gier.

2. Description des vestiges

2.1 Généralités

Avec quatre constructions et plus de 200 km de canalisation, le réseau des aqueducs lyonnais est le plus important du monde antique, directement derrière celui de Rome.

L'aqueduc de la Brévenne est probablement construit au cours de la première moitié du I^{er} s. de notre ère. Tout au long de son tracé, la construction est ponctuée d'ouvrages d'art (ponts-canal, ponts-siphon, tunnels, files d'arches) ; elle fournissait un volume d'eau quotidien moyen⁵ estimé à 10'000 m³.

Cet ouvrage au caractère monumental collecte les eaux au départ d'un vallon proche de Sainte-Foy-l'Argentière pour les mener sur la colline de Fourvière et alimenter les hauts de la ville antique de Lugdunum. L'aqueduc de la Brévenne est une construction remarquable, notamment par l'aménagement du grand siphon d'Ecully-Tassin. Ce dernier comporte un majestueux pont de plus de 200 m de longueur, haut de 22 m, jeté sur le cours du ruisseau des Planches dans le vallon du même nom. Le monument des Massues constitue la partie finale (à l'aval) de cet imposant ouvrage.

Le tracé de l'aqueduc de la Brévenne qui s'étire sur plus de 70 km est aujourd'hui bien connu (même s'il subsiste quelques incertitudes) et reporté sur fond cartographique (Burdy 1993, cf. ci-dessus localisation 1/25'000). C'est le deuxième le plus long après celui du Gier.

Le monument dit « Les Massues » est inscrit à l'inventaire supplémentaire des Monuments Historiques depuis 1985, puis classé monument historique dès le 11 août 1986. Il est la Propriété de l'état par arrêté du 2 août 2011.

Les quatre arches du monument reposent sur quatre piles décorées d'un parement (presqu'entièrement disparu) de moellons de gneiss. Seules les faces avant de ces moellons pourraient avoir fait l'objet d'une taille sommaire et dans de nombreux cas il s'agit simplement de faces naturellement planes non retouchées (**fig. 3**). L'ensemble est souligné en élévation d'arases de briques déterminant des épaulées et dont le nombre varie selon la hauteur de la pile. L'espacement irrégulier entre les arases successives oscille entre 1,27 et 1,56 m.

Les piles prennent appui sur des fondations maçonnées dont aucune n'est affleurante aujourd'hui. Les observations réalisées dans le sondage manuel au pied de la pile 1 ont toutefois permis de proposer des dimensions pour la section des fondations. Il apparaît qu'elles sont réduites au strict minimum, puisque en longueur comme en largeur, elles ne débordent guère de plus de 15 à 30 cm respectivement en largeur et en profondeur des aplombs de parement de la pile. Ceci indique un sous-sol sain et résistant, ce que confirme la faible hauteur (1,20 m max.) de ces installations.

Les piles sont reliées par une arche en plein cintre de 3,61 m d'ouverture, décorée sur ses faces externes (arc de tête) de claveaux réalisés inégaux en calcaire clair.

Le monument des Massues se présente sous la forme d'une construction pleine dans sa partie occidentale devenant aérienne et soutenue par quatre piles en direction de l'est. Ces piles déterminent quatre arches rampantes, ascendantes d'ouest en est. L'ensemble s'étire sur plus de 45 m dont une trentaine environ pour la seule partie aérienne. D'ouest en est, les piles sont numérotées de 1 à 4. Par commodité, on appellera pile 0 le support occidental de l'arche 1, correspondant en réalité à l'extrémité de la partie du rampant posée sur le sol avant de s'élever sur les arches. Le niveau de marche antique n'a pas été reconnu sur le terrain. Il est certain qu'il ne correspond pas à la configuration topographique actuelle. Ce niveau a été recherché en vain dans le sondage 1 où il devait correspondre grosso modo au sommet des fondations de la pile 1. Le niveau de marche antique devait suivre la légère ascendance ouest-est sensible dans les niveaux actuels ; toutefois, rien ne permet de l'affirmer et l'on ne peut exclure une pente plus marquée, des accidents ou même une contrepente. Les moellons de parements encore en place sur le bas de la face ouest de la pile 1 jusqu'au contact des fondations (**fig. 10**) constituent toutefois un bon indice. Il est en effet très peu vraisemblable

⁵ Toutes les caractéristiques du monument figurent sur la fiche signalétique en début de l'ouvrage de J. Burdy (Burdy 1993).

que l'on ait dressé un parement sur une partie destinée à être enfouie. Ainsi, on peut considérer le point 271,20 m comme l'altitude probable du niveau de marche antique au pied de la pile 1.

De part et d'autre du monument, le terrain environnant a fait l'objet de remaniements dont l'ampleur exacte reste difficile à évaluer. Au sud, côté parking, il faut concevoir plusieurs étapes de terrassements et remblaiements, suite à la mise en place d'une maison bourgeoise (19^e siècle) abattue en 1985 et de ses dépendances se prolongeant jusque sous les arches (**fig. 4**), certaines étant intégralement annexées à cette construction, comme en témoignent quelques vestiges de murs encore visibles, des revêtements de parois et des lambeaux de sols ponctuellement observés dans les dégagements effectués au pied des piles. On doit même envisager l'existence de constructions adossées, antérieures à cette bâtisse comme le laisse soupçonner un document de 1820 (**fig. 2**) figurant une arche 3 bouchée et une vue d'artiste non datée (**fig. 5**).

Au nord, côté propriété Haillot, le terrain est sensiblement plus bas, plus proche de la configuration antique (?). Le sondage pratiqué sous l'arche 1 a montré une épaisseur considérable de remblais constitués d'un amas hétérogène de galets de rivière mêlés de gravats et divers déchets modernes dont il est difficile de préciser la provenance.

La construction du monument des Massues n'est pas un modèle de symétrie, ni même de régularité dans la disposition de ses divers éléments architecturaux et décoratifs. Curieusement, elle intègre des arases de briques dans l'élévation des piles, absentes de tout autre secteur de l'aqueduc de la Brévenne. Ces particularités marquent une nette distinction avec la construction de l'aqueduc du Gier au décor somptueux très rigoureux et répétitif dans sa mise en place, si bien qu'on a pu parler de construction normalisée.

Le monument des Massues est aujourd'hui encore partiellement ceinturé de murs modernes appartenant pour les uns à des constructions anciennes, notamment la maison bourgeoise susmentionnée, pour d'autres, aux limites du parcellaire. Tous ont participé à la dégradation du monument à des degrés divers.

2.2 Les fondations

Aspect, fonction, dimensions

Aucun massif de fondation n'a été dégagé intégralement. Cette partie de l'ouvrage n'ayant que peu souffert au cours du temps du fait de son enfouissement, dont la profondeur exacte reste à préciser, il n'a pas été jugé nécessaire de les dégager en vue de leur consolidation.

Les dégagements effectués par l'entreprise Comte se sont limités, dans un premier temps, à un détournement de quelques dizaines de centimètres de largeur autour des piles. Des compléments décidés ultérieurement ont été pratiqués selon un planning mouvementé ayant empêché la présence systématique des archéologues. La profondeur de ces creusements varie entre 30 et 60 cm. Les étroites ouvertures ont montré un terrain hétérogène, contenant de nombreux déchets d'origines diverses ainsi que les vestiges d'aménagements successifs (lissage, rejointoyage) des parois internes de certaines arches, suite à leur transformation en habitat ; aucun mobilier archéologique n'y a été récupéré.

Les observations réalisées dans le sondage au pied de la pile 1 permettent de proposer les dimensions approximatives des fondations de chaque pile. Celle de la pile 1 voit son sommet fixé vers l'altitude 271,40 m, tandis que le point le plus bas se situe à 270,18 m, soit 1,22 m de hauteur (**fig. 6, 8 et 10**). Du côté nord, le sommet correspond pratiquement à l'affleurement du niveau actuel tandis qu'au sud il se trouve environ 1,80 m sous le niveau du parking. Globalement, on peut estimer que le massif de fondation de chaque pile correspond à un parallélépipède rectangle de pierres et mortier de 6,60 x 2,80 x 1,25 m (**L x l x h**). Comparées à la section des piles elles-mêmes (6,28 x 2,50 m), ces dimensions réduites ne laissent que peu de marge de manœuvre pour la mise en place définitive de la pile proprement dite⁶ ; elles sont la preuve d'un travail précis des géomètres et arpenteurs. En l'absence de dégagement exhaustif et compte tenu du manque de données, les dimensions proposées ci-dessus sont à considérer comme des valeurs

6 Bien que la construction ne soit pas directement comparable, nous avons pu constater sur l'aqueduc du Gier que la pile n'est pas systématiquement centrée sur ses fondations et que celles-ci sont irrégulières (Eschbach 2009).

minimales, indicatives. Il est impossible de se prononcer sur l'existence d'un module normalisé, applicable à l'ensemble de la construction.

A titre de comparaison, lors de l'opération au Chemin des Cuers (Dardilly), les mesures effectuées sur fondations de pierres sèches mises au jour n'excèdent pas 1 m de hauteur et présentent un débordement plus important, compris entre 25 et 30 cm autour de la pile elle-même (Eschbach 2008). Sur la file d'arches de l'aqueduc du Gier à Chaponost (Eschbach 2009), nous n'avions pas atteint le fond des fondations, mais elle est de 1,20 m au minimum⁷ ce qui est comparable aux mesures de 2016 aux Massues. Toutefois, les contraintes sont ici supérieures à ces deux derniers cas, le poids de la maçonnerie étant nettement plus important. En l'état, il semble que la question de la forme et des dimensions des fondations constitue une problématique à affiner.

Le substrat géologique n'a été que très faiblement (10-15 cm) entamé lors des travaux d'implantation des fondations. La constitution particulièrement saine de la moraine a visiblement été mise à profit par les ingénieurs antiques pour asseoir leur monument. Stratigraphiquement, il n'est pas possible de préciser davantage la qualité du sous-sol au-dessus de la moraine et d'une frange altérée d'une dizaine de centimètres d'épaisseur. En effet, le sondage que nous avons pratiqué se trouve presque entièrement compris dans un vaste remblai, sans doute récent, de galets de rivière et autres déchets de provenances diverses. Il faut donc concevoir un profond décaissement remblayé à l'intérieur de l'arche 1, pour des motifs qui restent inconnus.

Aucune tranchée de fondation ouverte n'a été repérée dans les quelques dégagements pratiqués autour des piles, pas plus que dans l'unique sondage réalisé. L'absence de trace de fosse d'implantation sur le site des Massues laisse à penser que l'installation des massifs de fondation se fait dans un caisson creusé aux dimensions définitives de la base de pile. Y sont ensuite disposés de manière plus ou moins anarchique les éléments du blocage (fragments de gneiss bruts de toute taille), scellés par une matrice de mortier de chaux. L'absence de parement et d'assise organisée, l'aspect général hétérogène ainsi que les débordements du mortier de liaison au delà des cailloux sont autant d'indices qui vont dans le même sens. La technique est donc bien différente de celle adoptée sur le tronçon aérien de la file d'arches de Dardilly (Ch. des Cuers, Eschbach 2008).

Sur le massif de fondation prend place la pile proprement dite. Afin de respecter alignements et intervalles, elle n'est pas systématiquement centrée sur ses fondations. La largeur du ressaut observé au passage des fondations à l'élévation varie en fonction de ce centrage de la pile⁸ ; des observations complémentaires devraient le confirmer.

Il reste impossible aujourd'hui d'établir le bilan de l'état de conservation des fondations. Si du point de vue archéologique cela ne pose pas de réel problème, il n'en va pas forcément de même en ce qui concerne la conservation (statique) du monument. En effet, si la construction ne semble pas menacée par l'instabilité de ses fondations, en principe protégées de l'érosion par leur enfouissement, rien ne permet d'en être certain. L'inexplicable différence d'intensité de l'érosion constatée d'une pile à l'autre doit peut-être nous alerter.

Structure, matériaux

Les observations sur les fondations de la pile 1 ont montré un aspect relativement hétérogène, soit un massif constitué d'un blocage de fragments bruts de gneiss de toute taille mêlés de cailloutis roulés. La densité de ces composants est moindre que dans le blocage de l'élévation des piles, utilisant cependant les mêmes éléments à l'exception des cailloutis. Le plus marquant est l'absence d'assise, même grossièrement respectée. Il n'existe pas plus de parement ; les éléments du massif de fondation prennent visiblement appui sur le fond et contre les parois de la fosse d'implantation qui lui donneront son aspect définitif. L'ensemble paraît correspondre à un déversement aléatoire des matériaux dans la fosse d'implantation, à l'exception du sommet de la fondation marqué d'un niveau relativement plan et dense de cailloux de module similaire. Encore une fois la rareté des données empêche toute certitude.

⁷ Cecillon 1999, fig. 5.

⁸ Il peut même être réduit à néant ; cela semble être le cas de la pile 68 au Plat de l'Air à Chaponost pour l'aqueduc du Gier (Eschbach 2009).

Seul l'angle nord-ouest de la fondation de la pile 1 a été observé et encore est-il détruit dans sa partie supérieure. Aucun réel chaînage d'angle n'a été formellement enregistré, même si on note à cet endroit la présence de cailloux plus volumineux, sans doute intentionnellement disposés en protection de l'angle. En l'absence de parement cela n'est guère surprenant et l'on peut estimer que l'installation en fosse aveugle est probablement suffisante au maintien et à la protection des angles.

Sans analyse pétrographique précise de ces éléments, les cailloux utilisés dans la construction des fondations sont identifiés comme des fragments de gneiss d'origine locale. Leur taille varie entre 3 et 40 cm pour la longueur et entre 2 et 20 cm pour l'épaisseur. Il s'agit d'éléments bruts de taille (**fig. 6 et 10**).

A l'analyse, il a été constaté une différence de recette entre le mortier utilisé en fondation de celui utilisé dans les parties hautes (cf. § 3.1. Etude macroscopique des mortiers).

2.3 Les piles

L'élévation d'une pile se compose d'une ou plusieurs épaulées superposées coiffée (ou non) d'une arase de briques de terre cuite constituée de trois assises. Les piles se succèdent selon une pente ascendante de l'ouest vers l'est et il n'existe pas de régularité dans le rythme et la disposition relative des éléments constitutifs d'une pile à l'autre. C'est ainsi que les écoinçons séparant le sommet de chaque pile du rampant de support des canalisations de la conduite forcée du siphon, s'en trouvent de forme variable. Ils sont parfois coupés par une arase de brique dont la répartition est surprenante (**fig. 7 et 8**).

Chaque pile est le support de deux demi-voûtes, décalées en hauteur du fait de la pente signalée. En conséquence, les arases de briques ne correspondent pas systématiquement au départ des voûtes comme cela peut être le cas en terrain plat où les piles sont de même hauteur (par ex. file d'arches du Plat de l'Air, aqueduc du Gier).

2.3.1 Epaulées et écoinçons

Les épaulées sont à la pile ce que la banchée est au mur, c'est-à-dire la hauteur donnée par le caisson de coffrage maintenant la construction en cours d'élévation. Elles correspondent logiquement à autant d'étapes de travail dans l'élévation de chaque pile. La figure (**fig. 18**) présente un schéma hypothétique du découpage du chantier de construction en étapes de travail. Toutes celles suggérées sur ce document n'ont pas été formellement identifiées sur le terrain.

Les écoinçons correspondent à une prolongation de la pile dont ils partagent le mode de construction ainsi que le parement décoratif. Dans le cas du monument des Massues, chacune de ces extensions vers le haut prend la forme d'un quadrilatère irrégulier s'appuyant à l'amont sur la demi voûte précédente tandis que vers l'aval (sens du courant) il participe de la prolongation de la pile jusqu'au départ, plus élevé, de la voûte suivante. Il faut parfois superposer deux écoinçons pour couvrir l'écart entre deux départs de voûte.

Les écoinçons reposent sur l'épaulée supérieure – le cas échéant, sur son arase de briques sommitale – de chaque pile. Tout comme les épaulées, ils sont généralement coiffés d'une arase de briques. Ils assurent la cohésion entre deux arches et constituent le support du « radier » du rampant proprement dit.

Il existe des sections de pile qui ne sont pas attribuables à des épaulées, ni à des écoinçons. Il s'agit des segments prolongeant la dernière épaulée des piles 2 et 4 (**fig. 18**, en orange). Les épaulées en question ne se terminent pas avec une arase de briques mais au niveau d'un départ de voûte, niveau auquel il est indispensable de marquer une pause dans la construction afin de pouvoir mettre en place le cadre support de la voûte en question. Or il existe une maçonnerie intermédiaire de faible épaisseur assurant la jonction épaulée/écoinçon ; l'arase de briques qui la recouvre correspond sans doute plus à un souci esthétique qu'à une réelle étape de travail.

Épaulées et écoinçons de chacune des piles ne sont pas décrits séparément du fait de leur similitude, cela même si leur amplitude varie. Les épaulées supérieures s'insèrent (sauf exception) entre deux arases de briques, tandis que la première repose directement sur le sommet des fondations⁹, sans autre transition qu'un mince lit de mortier le plus souvent imperceptible à la fouille. Les principales distinctions enregistrées ont trait aux variations de hauteur de chaque épaulée. Certaines sont tronquées pour laisser place aux départs de voûte, s'apparentant ainsi plus à des écoinçons. Ces derniers sont également de hauteur variable. Lorsque leur sommet n'est pas coiffé d'une arase de briques (sur les piles 1 et 3 ; **fig. 18**), il est impossible de les distinguer de la masse de maçonnerie constituant la partie supérieure du monument, à savoir le radier de la rampe destinée à recevoir les tuyaux de la conduite forcée.

La pile 0 n'est pas vraiment une pile puisqu'elle fait partie de la portion « terrestre » du monument ; elle ne possède pas d'épaulée, ni d'écoinçon et donc pas plus d'arase de briques.

La pile 1 possède une seule épaulée dont le sommet, bien que non signalé par une arase de briques, est certainement situé à la hauteur du départ de la voûte de l'arche 1. Du sommet des fondations jusqu'à ce point on mesure 1,56 m. Il paraît peu raisonnable d'imaginer un montage en porte-à-faux de la section qui se superpose à cette épaulée en l'absence de la voûte en question (cf. § 4.1. Les étapes du chantier de construction). Il est préférable de considérer cette tranche, haute de 1,07 m, comme un premier écoinçon, bien que les observations de terrain n'aient pas montré de rupture perceptible dans la maçonnerie, du sommet des fondations jusqu'à la première et unique arase de briques. Les vérifications de détail sur « l'écorché » que fournit la face ouest de la pile 1 n'ont pas plus mis en évidence de trace d'arase de briques intermédiaire. Peut-être les constructeurs ont-ils souhaité respecter un effet de symétrie pour aligner la première arase de briques sur celle de la pile 2. Au-dessus de cet écoinçon, on ne sait exactement comment s'organise la construction. Il n'existe pas d'autre arase de briques, pourtant le niveau de départ de la voûte 2 doit obligatoirement correspondre à une étape de construction et donc à un écoinçon réduit, de 0,87 m de haut. C'est ce que confirme l'irrégularité repérée dans la face nord correspondant à une étape de chantier (**fig. 8**).

La pile 2 est composée d'une première épaulée partiellement enfouie dans le sol. Les dégagements effectués en pied de pile après notre passage ont permis de fixer l'altitude du sommet de fondations à 271,77 sur la face occidentale (**fig. 12 et 13**). La première épaulée mesure donc 2,08 m de haut ; elle est terminée par la première arase de briques. Au-dessus, une courte section (0,93 m) correspond à la seconde épaulée, bien qu'elle ne soit pas surmontée d'une arase de briques. La section suivante (0,52 m) qui se termine sous la seconde arase de briques doit probablement être rattachée à l'écoinçon qui la surmonte. Sur environ un tiers de sa largeur elle laisse place au départ de la voûte 2. Cette section tronquée est réalisée dans un deuxième temps, après la mise en place de la voûte de l'arche 2 (**fig. 18** en orange). L'écoinçon terminal, surmonté d'une arase de briques reçoit le départ de la voûte 3.

La première épaulée de la pile 3, largement enfouie dans le sol, repose sur des fondations (?) non observées. Lors des dégagements ultimes en pied de pile, la conservation partielle du parement est apparue à l'altitude 272,60 m sur la face orientale. Cette première épaulée mesure au moins 1,40 m de haut. Au-dessus, deux épaulées complètes sont visibles. Les arases de briques qui les séparent ne sont pas observables sur la face sud, la faute à une érosion très marquée de la pile ayant entraîné de lourdes restaurations (**fig. 14, 15 et 28**). Il est à noter que G. M. Delorme représente ces arases sur son relevé de 1780 (**fig. 19**).

Au-dessus de ce groupe, un premier écoinçon (0,73 m) appuyé contre la voûte de l'arche 3 est coiffé d'une arase de briques. Plus haut encore, un second écoinçon (?) lui aussi appuyé sur la voûte 3 se prolonge jusqu'au départ de la voûte 4. A ce niveau, une irrégularité de la maçonnerie souligne une rupture perceptible du traitement signalant l'existence d'une phase de chantier reconnue sur la face nord de la pile 3 (**fig. 8**).

La pile 4 possède quatre épaulées (**fig. 16 et 17**). La première est partiellement enfouie dans le sol, ce qui empêche de déterminer son altitude de démarrage, les fondations n'ayant pas été atteintes. Les affouillements récents côté ouest ont montré une réapparition du parement conservé entre les altitudes 273,43 m et 272,90 m, sans la moindre trace d'une arase de briques. Cela donnerait pour cette épaulée une hauteur

⁹ Du moins, c'est ce qui peut être déduit des observations réalisées sur les piles 1 et 2.

minimale de plus de 2,40 m, la première arase de briques identifiée étant à l'altitude 275,41 m ; cela en ferait de loin la plus développée des épaulées. Cette hauteur, exagérée semble-t-il, est peut-être due à une première arase de briques rendue invisible par les nombreuses et profondes transformations ayant modifié la pile à cet endroit. Notons cependant que sur la pile 1, le cas est similaire, puisque du sommet des fondations (observées) jusqu'à la première arase de briques, on mesure plus de 2,60 m. Il n'est pas exclu que l'on ait décidé de se passer de cette "première" arase, un écart entre celle-ci et la suivante étant par trop différent de l'écart moyen mesuré entre les autres arases. En tous les cas, cette première arase n'apparaît pas sur les documents anciens consultés (**fig. 19**), pas plus que lors des dégagements récents, ni pour la pile 1, ni pour la pile 4.

Les trois épaulées suivantes présentent des dimensions plus "dans la norme". Au-dessus, la section 5 est plutôt assimilable à un écoinçon, tandis que la sixième et dernière section ne peut être réellement considérée comme faisant partie de la pile. L'ultime arase de briques correspond plus à un élément de décor qu'à une véritable étape de construction. Preuve en est qu'elle s'interrompt sans raison apparente après une distance de 2,50 m depuis le parement de la face orientale de la pile, extrémité conservée du monument. Par ailleurs, cette longueur coïncide à celle d'une pile. En l'absence d'hypothèse de restitution définitive quant à la prolongation du monument en direction de l'est (cf. § 4.3. Hypothèses de restitution), cette dernière section doit être considérée comme partie intégrante de la masse de maçonnerie constituant la rampe de support des canalisations reposant sur les arches.

Parement : aspect et fonction

Originellement, chaque pile était recouverte d'un parement ceinturant les quatre faces de chaque pile. Sans atteindre la finesse de celui observé sur certains secteurs de l'aqueduc du Gier, il montre, aujourd'hui encore, un bel aspect dans ses portions conservées. Ce traitement particulier débute directement au sommet des fondations et se poursuit d'épaulées en écoinçons jusqu'au départ de la voûte dont le revêtement est sensiblement différent.

Il s'agit d'un revêtement¹⁰ composé de moellons de gneiss (sauf rarissimes exceptions) grossièrement quadrangulaires et de taille variable. Ces derniers sont disposés en assises plus ou moins régulières autour d'un massif de blocage maçonné. Chaque élément mesure de 8 à 10 cm d'épaisseur pour une longueur comprise entre 12 et 50 cm. La profondeur, la queue des blocs peut atteindre 25 cm et est solidement ancrée dans la masse du blocage interne. La face visible est généralement plane naturellement (diaclasses), peut-être taillée dans certains cas ce qui rend ces moellons plus attractifs au remplissage. Les éléments de décor sont les premiers à se désolidariser de l'ensemble de la construction. Leur disparition presque totale dans les parties basses, les plus accessibles, tend à prouver une récupération intensive. Seuls quelques décimètres carrés, dans les hauteurs, ont échappé à la mise en carrière du monument. Avec ces éléments, c'est également la protection de la maçonnerie des piles qui s'en va. Dès lors qu'elle n'existe plus, l'érosion s'en trouve décuplée.

Les assises de moellons du parement de chaque épaulée se terminent en chaînages d'angle aux quatre coins de la pile. La mise en place du parement de décor se fait conjointement à l'élévation de l'épaulée, ceci afin de maintenir une bonne cohésion de l'ensemble. Les observations de détail montrent une parfaite continuité du mortier de liaison avec la masse du blocage interne (**fig. 20**), ce que confirme l'analyse des mortiers.

Sur la pile 0, seuls quelques moellons de parement sont conservés en place (**fig. 9**). En partie basse, on enregistre sept assises successives très inégalement représentées. On observe également clairement, sur une courte longueur, quelques cailloux alignés sur l'assise de transition entre le parement vertical et le traitement de l'intrados de la voûte 1. Ces éléments se signalent par un net changement de module (**fig. 9 et 21**). A ce niveau, il faut concevoir une étape de travail obligatoire pour mettre en place la voûte de l'arche 1 (**fig. 18**).

Les blocs conservés du parement de la face ouest de la pile 1 s'empilent sur onze assises successives correspondant à la hauteur totale de la première épaulée, soit 1,28 m. Le passage au parement de la voûte se signale par un changement de module et un léger ressaut dans la maçonnerie.

Par ailleurs, cette face est particulièrement intéressante puisque c'est la seule où il a été possible d'observer la transition fondation/élévation. C'est ainsi que l'on note la présence d'un ressaut de fondation d'une

10 Pas réellement un "revêtement" dans le sens où ce traitement est réalisé en même temps que le montage de la masse de maçonnerie interne de chaque pile.

largeur de 22 cm latéralement et de 15 cm perpendiculairement au monument (**fig. 6, 10 et 22**). Cette observation a servi à estimer la surface d'une section de fondation. Sur la face est, il a fallu les dégagements de pied de pile pour trouver des moellons de parement enfouis à partir de 272,30 m. Sur les autres faces le parement est arraché à 100%.

La face est de la pile 2 a conservé six moellons jointifs sur l'ultime assise de parement, au sommet de l'écoinçon, juste au-dessous de la troisième assise de briques marquant le départ de la voûte. Lors des derniers affouillements au pied de la pile en vue de sa consolidation, cinq assises de parement en place ont été partiellement dégagées sur la face ouest et trois sur la face est (**fig. 12 et 13**). On note par ailleurs la présence de plusieurs éléments intrusifs (briques et divers types de revêtements) ainsi que des logements de poutre sur cette face fortement affectée lors des aménagements successifs de l'arche en habitat (**fig. 13 et 23**).

Tandis que la face sud de la pile 3 est intégralement érodée (**fig. 7**), quelques décimètres carrés de parement sont conservés sur les faces nord (1^{er} écoinçon ; **fig. 8**) et ouest (3^e épaulée et fouille de bas de pile ; **fig. 14**). Sur la face orientale, on note la bonne conservation du parement sur le premier écoinçon (2/3 de la surface ; **fig. 24**) avec un empilement de douze assises successives (**fig. 15**). On note que l'assise supérieure est constituée de moellons de diamètre supérieur à la norme¹¹, peut-être en vue du réglage de l'arase de briques qui s'y superpose. Par ailleurs, cette dernière reçoit quatre trous de boulins indispensables à la fixation des échafaudages de construction. Le premier côté sud avait disparu sous une restauration récente, tandis que le troisième était rebouché à l'aide d'un moellon scellé. Le quatrième au sud est de dimensions nettement supérieures, sans que l'on sache pourquoi. Sur le deuxième écoinçon de cette face, le parement originel avec neuf assises superposées est presque intégralement conservé à l'exception des chaînages d'angle. Au sommet de cet empilement on reconnaît le départ de voûte, en retrait de 5 à 8 cm par rapport à l'aplomb du parement.

La pile 4 est de loin celle qui a le mieux conservé son parement d'origine (**fig. 16, 17 et 48**). Des éléments en sont conservés sur les quatre faces, plus particulièrement dans les parties hautes et sur la face est. La surface n'atteint toutefois pas plus de 30% de la totalité du parement originel. C'est également la seule pile ayant conservé des éléments de parement décoratif sur l'arc de tête de la face nord ainsi que des chaînages d'angle en calcaire.

Dimensions

La vérification de la répétition du module de section d'une pile est délicate, les parements n'étant la plupart du temps pas conservés jusque sur les angles, disparus à plus de 95%. Il faut également prendre en compte l'activité de l'érosion qui n'a pas le même impact sur toutes les piles, ni sur tous les types de roche en présence. Quoi qu'il en soit, la conservation de lambeaux de parement originel sur toutes les faces de la pile 4 permet de définir des dimensions très proches de la réalité, transposables aux piles précédentes. Les mesures effectuées sur le terrain, puis validées par les documents ortho ont abouti à un module de 2,55 x 6,30 m pour la section d'une pile. Ceci correspond à une base rectangulaire de 8,5 x 21 pieds romains de côté, pour un pied de 30,0 cm¹².

Si largeur et profondeur d'une pile semblent peu varier d'après les mesures effectuées, il en va différemment en ce qui concerne la hauteur de chaque épaulée. En théorie, chacune d'elles correspond à une étape du travail d'édification de la pile (cf. § 4.1. Les étapes du chantier de construction), achevée par la pose d'une arase de briques à son sommet¹³. Ce n'est pas le cas aux Massues où les différentes hauteurs de pile ajoutent des contraintes. En outre, et faute aux lois de la gravité, chacune de ces étapes ne peut excéder une certaine hauteur, sous peine de s'effondrer sous son propre poids lors de son montage. Les mesures maximales (observables) enregistrées dans le cadre de cette étude n'excèdent pas 2,08 m pour un minimum observé de 1,27 m. En principe, la hauteur des épaulées diminue du bas vers le haut, ce qui apparaît récurrent sur ce type de construction. On peut lier ce constat à la difficulté du travail croissante avec l'élévation¹⁴. Sur le monument des Massues, cette règle n'est pas strictement appliquée puisque l'écoinçon supérieur de la pile 4 haut de 1,57 m, se situe pratiquement à son sommet (**fig. 7**). Toutefois, les premières

11 Constat déjà fait sur la pile 0.

12 Dans ses études, Burdy obtient un pied romain de 30,7 pour l'aqueduc du Gier dont la valeur classique est de 29,6 cm. (Burdy 2002b, p. 200).

13 C'est ce qui est observé sur l'aqueduc du Gier à Chaponost, mais les piles sont là-bas de hauteur similaire.

14 C'est du moins l'idée qu'avance Burdy pour l'aqueduc du Gier (Burdy 1996, p. 227)

épaulées de chaque pile étant grandement enfouies, il n'est pas possible de mesurer leur hauteur effective. Ainsi, si la première épaulée de la pile 4 se prolonge sans interruption jusqu'aux fondations (non observées), elle mesurerait au moins 2,50 m de hauteur, ce qui semble excessif (cf. ci-dessus). On enregistre par ailleurs des variations de hauteur pouvant atteindre 5 à 10 cm pour deux épaulées sensées être équivalentes. Néanmoins, les points de comparaison sont extrêmement rares, compte tenu de l'état de conservation, et l'on se gardera de conclure à la généralisation de tels écarts.

Structure, matériaux

Les joints du parement ne font pas l'objet d'un traitement particulier et sont apparemment du même mortier que celui utilisé pour le blocage (cf. § 3.1. Etude macroscopique des mortiers). Leur épaisseur varie entre 3 et 8 cm, les différences tenant principalement à la forme très variable des blocs de gneiss dont seuls ceux destinés aux chaînes d'angle sont plus régulièrement quadrangulaires (et généralement de calcaire). Par endroit, ils sont intégralement érodés sans que l'on note de composition du mortier différente. Parmi les hypothèses, on peut envisager une destruction due à la végétation ou un nettoyage mécanique moderne. L'érosion est très différenciée selon que l'on considère la base ou le sommet d'une pile. Nous pensons que les destructions dépassant la disparition du parement dans le bas des piles sont la conséquence directe de l'arrachage volontaire de celui-ci, ayant entraîné une plus forte érosion dans ces parties. Quoi qu'il en soit, la plupart des panneaux décorés sont détruits à plus de 90%.

Il est très rare d'observer des lits d'attente de mortier et petits fragments entre chaque épaulée (ou écoinçon) ou arase de briques qui la (le) surmonte, le cas échéant.

Le blocage interne est composé de fragments de gneiss liés au mortier de chaux, plus dur que celui utilisé en fondations. On distingue une disposition des éléments sur des assises irrégulières (**fig. 25 et 26**). La forme et la taille de ces éléments est très variable. On observe des blocs jusqu'à plus de 50 cm de longueur pour une épaisseur variant entre 2 et 15 cm. Les cailloux de gneiss sont bruts d'extraction. Il est probable que ces blocs arrivaient en vrac directement du lieu d'extraction.

Délicate pour le gneiss, la taille sur place ne devait pas aller au-delà de quelques retouches nécessaires à l'ajustage définitif de certains moellons du parement. Les niveaux de travail et de marche antiques n'ayant pas été observés, il est impossible de préciser s'ils contenaient des éclats de taille. Il est probable que ces derniers aient été intégrés au blocage interne de la maçonnerie.

Chaînages d'angle

Les quatre angles de chaque pile sont des points de faiblesse. Les chaînages d'angle sont une obligation dans les constructions de quelque ampleur afin d'en assurer la cohésion et le raidissement. En ces points délicats dans les rarissimes secteurs conservés, on note un renforcement assuré par l'agencement particulier de moellons différents, disposés perpendiculairement d'une assise sur l'autre (carreau / boutisse). Ces moellons sont taillés avec soin et l'on note que le calcaire remplace le gneiss¹⁵.

Seule la pile 4 a conservé quelques éléments de chaînage d'angle à l'articulation des faces nord, est et sud (**fig. 27 et 48**). Si le travail de taille des éléments est clairement plus abouti ici, on n'a pas cherché à respecter les dimensions d'un module de référence.

Restaurations, réfections

Aucune restauration ou réfection antique n'a été formellement reconnue lors de nos investigations. On en déduit que le monument des Massues n'a pas fait l'objet de telles interventions. L'analyse des mortiers, qui a mis en évidence une recette de composition de mortier utilisée de façon récurrente en ce qui concerne les élévations, confirme cette conclusion.

D'intensité et d'étendue diverses, de nombreuses réfections modernes ont été appliquées avec des succès inégaux au cours de plusieurs opérations de consolidation successives et également lors des transformations consécutives à l'adjonction d'habitats contre la façade sud du monument ainsi que sous les arches. Il est aujourd'hui difficile de les distinguer et impossible d'en établir la chronologie, faute de documents de référence.

15 Alors que, à l'inverse, sur l'aqueduc du Gier au Plat de l'Air (Chaponost) dont le décor est à 90% calcaire, les chaînages d'angle sont en gneiss.

Aujourd'hui les trois dernières piles sont très érodées sur leur base et donc très fragilisées. La pile 3 semble être celle qui a le plus souffert. Une lourde consolidation en reprend la partie basse sur près du tiers de son volume (**fig. 14, 15 et 28**).

2.3.2 Les arases de briques

Le parement de gneiss du monument des Massues est complété d'un décor d'arases de briques qui contribue à alléger une construction massive. Le plus souvent elles marquent le sommet d'une épaulée ou d'un écoinçon ; des fragments de gneiss plus petits forment alors une sorte de lit d'attente. En principe destinées à régulariser le plan supérieur de chaque étape de l'élévation d'une construction avant sa poursuite, elles se composent de trois assises de briques dont les dimensions et l'agencement varient de l'une à l'autre au gré des besoins mais peut-être aussi des solutions de facilité.

Chaque pile en possède au moins une (**fig. 26**). A ce propos, on note que dans la littérature les représentations des auteurs divergent sur leur nombre. C'est ainsi que la pile 1 qui n'en comporte qu'une est représentée avec deux arases par Burdy (Burdy 1993, fig. 52 et Burdy 2006, p. 22) ; les observations récentes n'ont pas montré le moindre indice de l'existence de cette arase supérieure et, avant nous, le relevé de Delorme en 1760 ne la figure pas non plus (**fig. 19**). Les arases de briques divisent chaque pile en plusieurs épaulées et écoinçons, équivalents ou non, d'une pile à l'autre. Tout en fournissant un niveau de réglage, elles apportent une touche esthétique appréciable à l'ensemble du monument.

La répartition des arases de briques sur le monument des Massues pose quelques questions. Après leur report sur un document précis et coté (**fig. 7**), plusieurs anomalies apparaissent. Premièrement elles ne divisent pas chaque pile en sections régulières. Par ailleurs, d'une pile à l'autre, on constate des décalages pouvant atteindre plusieurs centimètres pour des épaulées (ou écoinçons) se faisant face et sensées être de mêmes dimensions. Chaque sommet d'épaulée identifié de façon indiscutable à une phase de construction obligatoire (chaque départ de voûte) dans l'élévation de la pile n'est pas systématiquement coiffé d'une arase ; seule la voûte 3 repose sur des arases de briques installées à la même altitude. Cette curieuse répartition des arases de briques est constatée aussi sur le rampant du réservoir de chasse du siphon de l'Yzeron (aqueduc du Gier, Chaponost) même si certains auteurs prennent parfois des libertés dans leurs représentations (Germain de Montauzan 1908, fig 100 p. 245). En l'absence de l'application d'une règle stricte de symétrie et d'équivalence des espacements, la répartition des arases semble aléatoire mais ne l'est probablement pas. Nous avouons ne pas avoir saisi ce qui l'a motivée.

Aux Massues, il semble qu'une autre répartition, plus régulière, aurait été possible, moyennant une première épaulée de dimensions réduites, tout au moins pour les trois premières piles dont les sommets de voûte sont alignés, ce qui les place sur une pente ascendante constante et régulière. Ce n'est pas le cas de la voûte 4 pour laquelle on note une surélévation de 0,51 m du sommet de l'intrados par rapport à la prolongation virtuelle de cette pente. Il est d'ailleurs curieux que cette différence, non négligeable, n'ait pas été soulignée. Elle n'est peut-être pas sans conséquence sur les hypothèses de restitution que l'on peut avancer pour la prolongation du monument en direction de la rue des Aqueducs (cf. § 4.3. Hypothèses de restitution). Evidente sur les documents récents réalisés pour cette étude (**fig. 29**), cette rupture d'alignement n'apparaît clairement ni sur le document de Delorme (**fig. 19**), ni sur celui de Burdy (Burdy 1993, fig. 52) ; elle ne fait l'objet d'aucune mention. Cette rupture de l'alignement des sommets de voûte est constatée également sur le rampant du Plat de l'Air (réservoir de chasse du siphon de l'Yzeron, aqueduc du Gier, Chaponost), sans plus d'explication.

La position de l'unique arase de briques de la pile 1 est surprenante. D'une part, elle ne correspond pas au sommet de la première épaulée que l'on peut situer au niveau du départ de la voûte 1. D'autre part, placée à mi-hauteur entre ce niveau et celui de la voûte suivante, elle induit de fait une interruption dans le montage de la pile (= étape de construction ?). Cette dernière semble ici superflue dans la mesure où un écoinçon d'un seul tenant aurait pu prendre place à cet endroit (**fig. 18**). Son rôle est probablement avant tout esthétique (symétrie avec pile 2).

Sur la pile 4, on note un net décalage altimétrique des arases de briques par rapport à celles des trois piles précédentes. Ce décalage inexpliqué atteint plus de 10 cm, correspondant à peu près à l'épaisseur d'une assise de parement. De plus, on note l'absence d'une première arase alignée sur celle de la pile 3, et ce alors que la pile 4 semble d'implantation identique ; cette absence signalée plus haut est notée déjà sur les documents anciens (**fig. 5 et 19**). Cette lacune est d'autant plus surprenante que l'espacement entre les arases de briques sur cette pile reste à peu près constant : entre 1,70 m et 1,79 m. Les dégagements récents (entreprise Comte) réalisés au pied de la pile 4 n'ont pas apporté plus d'explications. Il a donc été décidé de ne pas la restituer lors des travaux de réfection.

Le module de base de brique utilisé (env. 31 x 42 cm = brique lydienne ?) présente de nombreuses variations, ses dimensions pouvant fluctuer de plus de 3 cm. La configuration particulière du monument des Massues avec sa succession de piles (irrégulièrement) ascendante induit la mise en place d'arases de longueur et de répartition variables. De plus, l'érosion ayant fortement endommagé les briques, le retrait par rapport au parement peut être important ; en conséquence, il est parfois impossible d'assurer que celles qui apparaissent aujourd'hui sont bien celles qui affleuraient à l'origine avec le parement. Comme le prouverait une distribution schématique, les dimensions retenues semblent convenir parfaitement à couvrir l'intégralité d'une section de pile (630 x 250 cm) avec 98 éléments disposés régulièrement. Toutefois, ce n'est pas ce qui est constaté sur le terrain où l'on ne compte plus les irrégularités (**fig. 30 et 31**). Si dans quelques arases on note une alternance régulière de briques en carreau et boutisse, cela est loin d'être la règle générale. Les irrégularités concernent aussi bien la distribution des briques à l'intérieur de chaque arase que le module utilisé (dimensions, épaisseur) ou l'épaisseur des joints, pour ne rien dire des découpes intercalaires de toutes dimensions. Une part importante de ces irrégularités peut être attribuée au fait que l'on ne souhaite pas, pour des motifs liés à la statique de la construction et peut-être également à son esthétique, superposer les joints de montant (verticaux) séparant les briques. Ceci entraîne inmanquablement des alternances de briques en boutisse et panerresse et donc des découpes. Ces dernières ne semblent pas très nombreuses toutefois, si l'on en juge par la quasi absence de déchets de coupes dans le blocage de la maçonnerie. On en distingue cependant en plusieurs points dans les arcs de tête (**fig. 8** pile 4, face nord ; arcs 2, 3 et 4, face sud **fig. 7**). D'autres adaptations sont dues au fait que les arases venant buter contre des voûtes, elles ne présentent pas forcément une longueur compatible avec le module utilisé (arase de pile 1 ; arase 2 et 3 de pile 2 ; **fig. 7 et 8**). Dans le détail, on note donc de nombreuses entorses à une éventuelle règle directrice pour le coup assez difficile à saisir. Ainsi, les épaisseurs enregistrées varient entre 4,5 et 6,5 cm au moins. On peut sans doute attribuer ces variations à une production de masse dans laquelle le volume produit et le temps consacré à cette tâche passent avant la qualité. Des décalages existent entre briques de même épaisseur (**fig. 31a**) ; diverses raisons liées aux conditions de travail ou à la qualité de la main d'œuvre peuvent être évoquées. On note également des différences dans la réalisation des joints : les joints de lit (horizontaux) mesurent 1 à 3 cm d'épaisseur en règle générale tandis que les joints de montant (verticaux) varient entre 1 et 2 cm d'épaisseur mais sont parfois réduits à néant (**fig. 31b**). Quoi qu'il en soit, ces différences ont un impact sur l'épaisseur totale de chaque arase que les observations confirment. Elles sont toutefois imperceptibles par le promeneur au sol.

La question s'est posée de savoir si les arases de briques sont bien traversantes à toute la masse de la pile. Aux endroits les plus profondément altérés, les observations tendent à prouver que tel est bien le cas (plus de 1,22 m par ex. sur la face orientale de la pile 1 ; **fig. 11**). Toutefois, les questionnements soulevés plus haut (§ épaulées) quant à la localisation de certaines de ces arases et de leur rôle réel dans la mise en œuvre du monument laissent dubitatifs ; toutes les arases ne sont peut-être pas traversantes. La sixième et dernière, au sommet de la pile 4, est un cas spécifique difficile à expliquer en dehors de son aspect purement décoratif. En effet, à l'inverse des autres, elle ne semble pas liée à la réalisation d'une étape de la construction ; on ne saisit pas pourquoi elle ne se prolonge pas vers l'ouest. Il n'a pas été possible de vérifier si elle traverse effectivement toute l'épaisseur de la maçonnerie. Sa prolongation vers l'est reste hypothétique tout autant que l'est celle (dans la forme, si ce n'est sur le principe) du monument dans l'axe de la rue des Aqueducs. Dans ces cas précis, seuls des carottages profonds dans l'épaisseur de la pile pourraient lever le doute.

Aucune marque de fabrique ou estampille n'a été relevée, mais il est vrai que les gros fragments détachés sont très rares. Le mortier de liaison est sensiblement le même que celui utilisé dans le blocage.

Réfections

De manière générale et de par la qualité du matériau, les arases de briques ont subi une très forte dégradation. Bien souvent, on note un surcreusement plus prononcé au niveau des arases de briques (pile 1 **fig. 11** ; pile 2, **fig. 12 et 13**). De nombreuses consolidations ponctuelles (modernes) de rejointoiement qu'il serait fastidieux d'énumérer ici ont été appliquées à ces arases.

2.3.3 Les trous de boulins

Quelques trous de boulins ont été enregistrés lors de l'opération de relevé. A l'image de nombre d'éléments sur ce monument, ils ne sont réguliers ni dans leur répartition, ni dans leur dimensions. Ils ont été identifiés uniquement sur les piles 3 et 4. Il est certain qu'il en existait d'autres à l'origine, mais il est plus que probable qu'ils aient disparu en même temps que le parement. Quelques-uns d'entre eux ont vu leur origine bouchée par la mise en place d'un moellon ; on ne connaît ni la raison, ni la date de cette pratique.

Sur la face est de la pile 3, on compte trois trous de boulin placés sur la quatrième arase de briques ; un quatrième est supposé à l'extrémité sud, mais il est passablement endommagé par des interventions modernes (**fig. 15 et 32a**). Les dimensions sont comprises entre 10 x 13 et 12 x 21 cm pour une profondeur atteignant 70 cm. Les autres faces ne portent aucune trace de trou de boulin. Les entraxes séparant ces logements sont mesurés entre 1,54 et 1,62 m.

Un unique trou de boulin est observé sur la face nord de la pile 4 au niveau de la quatrième arase de briques ; c'est le seul conservé sur toute la façade nord du monument. Il mesure 13 x 22 cm pour une profondeur de 50 cm. Il en va de même sur la face sud, où l'unique trou de boulin a de plus été rebouché. Sur la face orientale de cette pile, on recense sept trous de boulin. Ils se répartissent pour cinq d'entre eux sur la quatrième arase de briques ; les deux trous extrêmes se situent à environ 70 cm du bord de la face, tandis que les autres présentent entre eux des entraxes irréguliers de 0,95 à 1,35 m. Les dimensions d'ouverture oscillent entre 10,5/13 cm x 22/26 cm pour une profondeur moyenne de 30 cm. Les deux trous de boulin restant se trouvent sur la troisième arase de briques. Un seul est aligné sur son correspondant dans la rangée supérieure. L'entraxe mesuré est de 1,78 m tandis que les ouvertures sont respectivement de 12,5 x 24 cm et 14 x 22 cm pour une profondeur de 26 et 20 cm (**fig. 32b et 33**).

Quatre trous de boulins percent le parement ouest de la pile 4, au niveau de la quatrième arase de briques. Les ouvertures oscillent entre 16 et 19 cm pour la largeur et entre 13 et 17 cm pour la hauteur. Les entraxes mesurés sont de 1,15, 2,25 et 1,33 m (**fig. 16**).

La présence de trous de boulin atteste l'utilisation indispensable d'échafaudages arrimés à la construction pour en assurer la mise en œuvre dans les parties élevées. Les trous de boulin sont systématiquement établis sur une arase de briques correspondant elle-même à une étape de construction.

2.4 Les arches

Toutes les arches ont été à un moment ou un autre aménagées en habitat. Les différents vestiges de murs modernes mis au jour au pied de chaque pile en sont les témoins, tout comme les documents iconographiques ou photographiques anciens (**fig. 4 et 5**). Ces diverses étapes de la vie du monument ont grandement contribué à sa dégradation, constatée sur chacune des piles et des voûtes.

2.4.1 Les voûtes

Le départ des voûtes se signale par un léger retrait (entre 5 et 8 cm) par rapport à l'aplomb du parement des piles de soutien. Sur les façades nord et sud du monument, le passage de la pile à la voûte, s'il n'est pas

marqué par une arase de briques, reste le plus souvent difficile à percevoir, que le parement soit conservé ou non. Il en va différemment sous les arches où le parement des piles se distingue nettement du traitement des voûtes par une organisation plus soignée et le respect à peu près constant d'un module standard (**fig. 34b**).

A l'origine, la voûte enserrée entre deux arcs de tête (difficiles à saisir tant l'érosion est importante sur ces parties), n'est visible que sur son intrados, situé le plus souvent à une hauteur empêchant d'en distinguer les imperfections. Ceci lié aux difficultés techniques propres à la réalisation de toute voûte explique son aspect moins soigné que celui du parement décoratif appliqué aux piles et aux arcs de tête.

La voûte (arc central) assume l'essentiel de la solidité de l'ensemble. Par ailleurs, l'aspect mal dégrossi des blocs de gneiss de même qu'une difficulté (danger) accrue de leur extraction en vue d'un éventuel remploi fait que les voûtes sont aujourd'hui relativement bien conservées. A sa base, chaque voûte repose sur une surface équivalente au 2/5 d'une section de pile. La liaison entre deux voûtes successives est assurée par l'édification des écoinçons, un ou deux superposés, selon les cas.

Les mesures prises sur le terrain ont montré une épaisseur oscillant entre 0,90 et 1,0 m pour chacune des voûtes. L'ouverture de l'arc de plein cintre est de 3,61 m (12 pieds), correspondant à l'intervalle entre chaque pile. Quant à la longueur, elle est équivalente à la largeur d'une pile, soit 6,30 m (21 pieds).

Structure, matériaux

La réalisation des voûtes telle que l'on peut la reconstituer sur la base des observations réalisées, diffère sensiblement de celle proposée par Germain de Montauzan (Germain de Montauzan 1908, p. 243-245). Sur l'aqueduc du Gier (file d'arches du Plat de l'Air), on distingue nettement les trois parties constituant de chaque voûte : un arc central enserré entre deux arcs de tête. La différenciation de ces parties est beaucoup plus floue sur les voûtes du monument des Massues.

Les voûtes possèdent une sorte de parement qui, bien que n'atteignant pas la qualité de celui des piles, consiste en un traitement de surface relativement organisé (**fig. 35**) ; les éléments de gneiss y sont disposés en litages en éventail sur un arc plein cintre. Ces premiers éléments au contact du châssis de bois sur lequel est construite la voûte diffèrent du blocage du corps même de la voûte, nettement plus hétérogène. Les blocs de gneiss disposés de chant sont généralement plus volumineux que ceux mis en œuvre dans la maçonnerie des piles. Les matériaux sont des gneiss gris à gris sombre ou beige, généralement de 5 à 25 cm d'épaisseur pour une longueur excédant rarement 30 cm mais pouvant dépasser 50 cm, entre lesquels s'insèrent des fragments beaucoup plus petits, absents du parement des piles (**fig. 36**). Dans la masse de la voûte, outre quelques fragments de TCA, on enregistre, plus rarement encore, la présence de quelques moellons calcaires.

Dans les secteurs les plus ruinés, les voûtes laissent apparaître leur constitution interne. Dans ce blocage les litages sont beaucoup plus aléatoires, voire inexistants (**fig. 37**). L'arrangement des blocs (au-dessus des claveaux de *parement*) y paraît plus anarchique que celui observé dans le blocage interne des piles. La taille et la densité des moellons sont sensiblement plus élevées, notamment aux extrémités des voûtes. Les litages successifs, irréguliers et comportant de rares inclusions de fragments de briques, sont liés au mortier de chaux. L'extrados échappe à toute observation.

Au niveau du départ des voûtes, on ne relève pas systématiquement une interruption dans la maçonnerie. Cette incontournable étape de travail est repérée au départ des voûtes 2 et 4, sur les faces nord des piles 1 et 3. Pour la voûte 3, cette étape est en outre soulignée par la présence d'une arase de briques de chaque côté de la voûte ; c'est le seul cas (**fig. 8**).

De rares fragments de TCA apparaissent ponctuellement comme éléments intercalaires entre les voussoirs notamment aux extrémités des voûtes (**fig. 7, 8 et 40**). Ils ne constituent jamais de voussoirs comme cela est observé sur les piles de l'aqueduc du Gier (Plat de l'Air, Chaponost).

2.4.2 Les arcs de tête

Aux extrémités de chacune des voûtes, on note un traitement de surface spécifique, décoratif (arc de tête) et faiblement implanté dans la masse de la maçonnerie. Ces éléments n'ont aucun rôle porteur dans la statique du monument, contrairement à ce qui est constaté à Chaponost où cette fonction est établie (aqueduc du Gier ; Eschbach 2009). Les deux arcs de tête identiques cachent la voûte proprement dite, constituée de maçonnerie concrète (arc central).

Les différents stades d'érosion des arcs montrent une réalisation relativement complexe. Il semble en effet que les arcs de tête se composent de deux types d'éléments. Premièrement, on note la présence d'une série de blocs de gneiss allongés, pouvant atteindre 75 cm de longueur, disposés en voussoirs et débités en biseau pour certains (**fig. 38 et 39**) ; il se distinguent des moellons utilisés dans l'arc central. Ces éléments sont de forme et de dimensions variables. On les remarque particulièrement sur la voûte 4 du fait d'une conservation meilleure, mais ils semblent présents également sur les autres voûtes. Bien que des blocs de telles dimensions soient absents dans l'arc central, il n'existe pas de rupture nette dans la maçonnerie permettant de distinguer la voûte de ses arcs de tête, si ce n'est le parement décoratif, évoqué ci-après. Il reste donc délicat d'affirmer que ces blocs voussoirs font vraiment partie de l'arc de tête.

En avant de ces éléments, prennent place les moellons du décor proprement dit (**fig. 41b**). A la différence du reste du parement d'ensemble du monument, les arcs de tête sont réalisés par l'assemblage de moellons taillés dans un calcaire local gris clair. Il n'existe pas de module répétitif, la longueur des moellons oscillant entre 26 et 45 cm et l'épaisseur entre 6 et 13 cm. Aucun d'entre eux n'est suffisamment long pour correspondre à l'épaisseur totale de l'arc de tête. Certains blocs sont taillés en voussoirs et l'on enregistre ainsi des différences d'épaisseur de 1 à 1,5 cm d'une extrémité à l'autre (**fig. 8 et 41b**). La profondeur « d'enracinement » dans la masse du blocage n'excède pas 30 cm (**fig. 42**). La hauteur (épaisseur) des arcs de tête, comme celle de la voûte elle-même, est comprise entre 90 et 98 cm. A cette mesure, il convient d'ajouter le décor de l'extrados qui porte la hauteur totale à 1,04 m.

Il est impossible de fournir des mesures précises pour les claveaux. Qu'il s'agisse des longs blocs de gneiss en arrière de la partie purement décorative de l'arc de tête ou des moellons de calcaire appartenant à ce décor, on ne constate pas le recours à un module de base récurrent. La rigueur dans le choix des matériaux, leur taille et leur mise en œuvre n'est pas aussi stricte qu'on s'y attendrait.

Les arcs de tête sont détruits à plus de 90%. On ne sait de quand datent les déprédations sur les hauteurs du monument, mais il apparaît clairement que les moellons calcaires ont fait l'objet d'une récupération intensive. Seule la pile 4 conserve quelques décimètres carrés de cet aménagement sur une hauteur maximale de 1,80 m ; il s'agit du départ oriental de la voûte 4 (**fig. 8 et 41a**). Les notes concernant le décor et la réalisation des arcs de tête reposent sur ce seul échantillon. Les observations et surtout les conclusions que l'on en tire sont donc à considérer avec réserve. Ainsi, il est délicat de se prononcer de façon définitive aussi bien sur la constitution exacte des arcs que sur leurs dimensions ou la régularité de leur décor.

En façade, l'extrados de la voûte est souligné d'un cordon décoratif réalisé de l'alternance de fragments de briques et de moellons calcaires de 18 à 25 cm de longueur pour une épaisseur comprise entre 5 et 6 cm (**fig. 8 et 41**).

Réfections

Mise à part la destruction du décor des arcs de tête à plus de 95%, les voûtes elles-mêmes sont moins ruinées que les diverses faces des piles. A cela plusieurs raisons, dont la difficulté d'extraction des matériaux en vue de remploi sous peine d'écrouler sur soi le monument entier conjugué à l'attrait moindre des éléments qui constituent les voûtes par rapport à ceux des parements ou des arcs de tête. Quoi qu'il en soit, les réfections modernes sont, de fait, moins nombreuses que sur les piles.

2.4 Le « rampant »

Le rôle du monument des Massues, partie terminale à l'aval du siphon d'Ecully-Tassin, consiste à offrir un support aux lourdes canalisations de plomb de la conduite forcée afin d'en amener les eaux à leur point de distribution dans la ville haute, aujourd'hui encore inconnu. C'est un monument massif conçu pour résister à de fortes contraintes. La fonction de support se double (peut-être) du rôle de protection des canalisations ; protection contre les usages illégaux (captages sauvages) mais aussi contre le vol du plomb. Si l'on sait que sur la plus grande partie du tracé les canalisations étaient enterrées, on ne sait ce qu'il en était sur les tronçons à l'air libre (rampants et ponts-siphon). Il faut donc concevoir (peut-être) un monument plus massif encore, dans la mesure où le niveau de crête actuel ne correspond ni au niveau (de pose) sur lequel courraient les canalisations, ni à celui, dont l'épaisseur reste inconnue, de la maçonnerie recouvrant (?) les tuyaux de plomb. Si une ligne virtuelle simulant le sommet *a minima* du niveau de pose des tuyaux (**fig. 18**) peut être proposée sur la base des vestiges conservés, rien ne permet de savoir ce qui les recouvrait, ni même s'ils étaient recouverts.

De ces tuyaux rien ne nous est parvenu, le métal de valeur et facilement négociable ayant très tôt fait l'objet d'une récupération intensive. On sait par contre que le plomb était de provenance locale, des mines d'extraction ayant été mentionnées aux abords des siphons des aqueducs lyonnais (Burdy 1996, p. 269). Sur la base des vestiges conservés sur l'aqueduc du Gier, en l'occurrence des orifices pour le passage de tuyaux en sortie des réservoirs de chasse, et de quelques calculs de physique élémentaire, l'épaisseur et les diamètres ont pu être déterminés (ibid, p. 269 sq.). On obtient un diamètre interne de 18 cm pour une épaisseur de 2,5 cm, soit un diamètre externe de 25 cm, compatible avec les orifices mentionnés ci-dessus. Si les tuyaux étaient noyés dans la maçonnerie, c'est l'épaisseur minimale qu'il convient d'ajouter à celle estimée ci-dessus pour approcher la hauteur probable du monument lors de sa mise en service.

Les entraxes des orifices de sortie des tuyaux enregistrés sur les vestiges de l'aqueduc du Gier sont, selon les cas, de 45 ou 62 cm d'intervalle (ibid, fig. 108). Reportées sur la plate forme du rampant des Massues, ces mesures laissent suffisamment d'espace pour accueillir dix à douze conduites de plomb de 25 cm de diamètre, alignées côte à côte.

L'importante épaisseur entre le sommet des voûtes (extrados) et celui supposé du monument atteint en moyenne environ 3 m¹⁶. Cette épaisse maçonnerie correspond au radier du rampant proprement dit. Une fois encore les comparaisons sont rares et principalement liées aux vestiges des réservoirs *de chasse* de l'aqueduc du Gier ; ce que l'on y observe est nettement différent. Bien que les documents graphiques précis et cotés fassent cruellement défaut, les quelques relevés schématiques et les photographies des vestiges conservés laissent supposer une épaisseur plus proche du mètre. Le rampant de Chaponost (aqueduc du Gier, Plat de l'Air) montre même un radier pratiquement tangent à l'extrados de la voûte précédent le réservoir (Burdy 1996, fig. 106). Une telle différence demeure inexplicée à ce jour.

Le radier du rampant est profondément érodé sur toutes ses surfaces externes ; plus rien ne correspond à sa forme originelle. Aucun fragment de parement n'est conservé et les vestiges parvenus jusqu'à nous appartiennent exclusivement au blocage interne. De plus, ils sont entièrement recouverts d'une gangue protectrice moderne. Cette dernière consiste en une consolidation réalisée à partir d'un mortier grossier (UC 20) englobant tout le sommet du monument. Cette intervention date probablement de la dernière opération de consolidation qui prend place dans les années 1989-1990 (entreprise Comte). Elle-même se superpose à une couverture antérieure du même type (UC 25) que l'on voit apparaître ponctuellement et dont on ne peut préciser l'ampleur, ni la date de pose. Quoi qu'il en soit, ces protections sont aujourd'hui inefficaces et rendues dangereuses du fait de leur fragilisation. Leur remplacement est à la base de la présente opération.

Il convient de rappeler que le monument des Massues a une histoire récente mouvementée, comme le souligne J. Burdy : « On sait que le site des Massues et son haut monument ont été utilisés par l'armée française en 1940, puis allemande en 1944 pour guetter l'éventuelle approche de l'ennemi, le survol d'avions ou le lâcher de parachutistes. L'endroit avait déjà été occupé en 1870 comme poste d'observation, avec une batterie d'artillerie

16 Cette moyenne est obtenue en reliant par une ligne virtuelle les sommets des voûtes 1et 4.

au sol pointée au nord et en 1793 pour les feux des Lyonnais contre les assiégeants. L'aurait-il été en 1814, voire antérieurement ? [...] Les Massues ont connu des restaurations à diverses époques : reprises et consolidations de la maçonnerie, régularisation du tablier autrefois équipé de marches et d'un garde-corps ... » (Burdy 2006, p. 24 ; **fig. 43 et 44**). Ces diverses interventions ont fait disparaître tout indice pouvant aider à la compréhension du monument dans sa partie supérieure.

En outre, l'érosion et la mise en carrière du monument ont été particulièrement destructrices en partie basse ; on mesure jusqu'à 3 m de retrait par rapport à l'emprise initiale du monument sur sa façade sud (**fig. 1**). A la suite de ces remarques, il apparaît de façon évidente que les observations réalisées sur cette partie ne portent pas d'autre intérêt que celui du constat de la forte érosion du monument et de l'urgence de sa mise en protection ; aucune information scientifique concernant la forme originelle du monument ne peut en être tirée. Lorsque la maçonnerie apparaît, au hasard des détériorations de la couverture de protection ou après son piquage mécanique, on observe simplement une construction en tout point semblable à celle des épaulées des piles : les éléments de base sont des blocs de gneiss de taille variable, disposés sur des assises horizontales plus ou moins régulières (**fig. 45**).

Les raisonnements faits à propos de l'élévation des piles induisent plusieurs étapes de travail (reprises au § 4.1.) qui ont des implications dans la réalisation du rampant. Vu la dégradation avancée de cette partie du monument, il a été impossible de mettre en évidence de telles marques dans la maçonnerie du radier du rampant.

La pente virtuelle du radier de rampant est de $21,95^\circ$ (soit 40,3%, **fig. 18**)¹⁷. Les comparaisons¹⁸ faites avec des schémas à échelle très réduite invitant à la prudence, montrent des valeurs diverses sur l'aqueduc du Gier : $20,6^\circ$ (37,5%) pour le réservoir de chasse du Plat de l'Air ; $19,3^\circ$ (35%) au réservoir de fuite de la Gagère (Chaponost) ; $25,9^\circ$ (48,5%) au réservoir de chasse de Soucieu.

17 Tout comme celle de l'épaisseur du « lit » des conduites, cette valeur est obtenue en reliant les sommets des voûtes 1 et 4 ; elle serait moindre en alignant les sommets des piles 1 à 3.

18 Toujours avec des ouvrages de l'aqueduc du Gier puisque nous n'en possédons pas pour celui de La Brévenne.

3. Etudes spécialisées

3.1 Etude macroscopique des mortiers (C . Collomb)

3.1.1 Méthodologie

L'étude macroscopique des mortiers prélevés sur le monument des Massues répond à deux objectifs distincts. Le premier est de caractériser le mortier utilisé pour la construction de l'aqueduc et d'en montrer les particularités. Pour y répondre, soixante-et-un prélèvements ont été réalisés dans ses maçonneries (PRV 1 à 4, PRV 6 à 59 et PRV 73, 75 et 76) : pour chacune des quatre piles, le mortier de chaque épaulée et de chaque arase de brique a été prélevé ; le mortier de fondation a également été prélevé là où il a été observé, ainsi que celui des voûtes dans chaque arche. Le positionnement des prélèvements (PR) est porté sur les relevés des piles.

Le second objectif de cette étude concerne les reprises postérieures : quinze prélèvements au total ont été réalisés, un dans chaque UC, afin d'être caractérisés puis comparés les uns aux autres (PRV 5, PRV 60 à 72, PRV 74, cf. annexe 3, inventaire des prélèvements). Renseignements pris auprès des personnes autorisées, il n'existe pas d'historique des opérations de restauration/consolidation effectuées sur le monument des Massues, du moins pas sous une forme officielle archivée. Les relations de chronologie relative établies lors de l'analyse sur le chantier sont reportées dans l'inventaire des US/UC (annexe 2).

L'analyse macroscopique a été réalisée par une même personne en une seule fois, sur des échantillons secs et sur cassures fraîches. Les informations prises en compte sont les suivantes :

- La couleur
- La nature du liant et ses particularités (nodules et/ou incuits)
- La résistance (dure, souple, friable ou pulvérulente)
- La porosité (compacte, aérée ou vacuolaire)
- La proportion entre le liant et la charge
- La nature de la charge
- La caractérisation de la charge (granulométrie¹⁹, faciès et nature du granulat)
- Les inclusions involontaires.
- La détermination de ces critères pour chaque échantillon permet de mettre en évidence treize types de mortiers différents : les types 1 et 2 se rapportent aux maçonneries antiques de l'aqueduc et font l'objet d'une analyse détaillée ci-après ; les types 3 à 13 concernent des réfections ou reprises postérieures et sont présentés dans le tableau analytique figurant à la suite de l'étude.

3.1.2 Les mortiers de l'aqueduc

L'analyse des soixante-et-un échantillons permet de mettre en évidence l'homogénéité du mortier utilisé pour la construction de l'aqueduc sur le tronçon étudié. En effet, seules deux recettes différentes ont été identifiées, correspondant au mortier de fondation (type 1) et au mortier des élévations (type 2).

¹⁹ Les termes employés sont ceux utilisés en géologie : limon < 0,1 mm ; sable < 2 mm ; petits graviers < 5 mm ; gros graviers < 20 mm ; cailloux > 20 mm.

Le mortier utilisé pour les fondations est un mortier de chaux beige, souple, limono-sableux et de porosité compacte. L'agrégat au faciès subanguleux se compose de quartz et de mica, issus du gneiss local utilisé pour l'élévation de ce tronçon. L'approvisionnement des matériaux de construction du chantier est donc raisonné.

Le mortier des élévations est un mortier de chaux beige à beige foncé, très dur, de texture sablo-gravillonneuse, et comportant de petites aspérités sphériques. Il présente une porosité vacuolaire par endroit, indépendamment de la localisation du prélèvement en profondeur (parement ou blocage) ou en hauteur (parties basses ou voûtes, épaulée ou arase de brique)²⁰.

L'agrégat au faciès subanguleux est constitué de grains de quartz et de micas pour les sables, ainsi que de fragments de gneiss, principalement sous la forme de petits graviers. Des éléments plus gros, graviers et cailloux, sont présents en quantité moyenne. Le gneiss utilisé pour ce mortier est le même que celui des fondations, et répond à la même logique d'approvisionnement globale et raisonnée des matériaux.

Le liant et la charge présentent des proportions pondérées. L'étude révèle toutefois que, pour six échantillons²¹, la proportion de chaux est plus importante, sans toutefois que le mélange ne soit gras. Les prélèvements ont été effectués sur chacune des quatre piles étudiées à des hauteurs variables : cette observation ne peut donc pas être interprétée comme la manifestation d'une phase de construction distincte, mais semble plutôt relever du domaine de l'anecdotique, en lien avec le chantier de construction.

Six échantillons présentent un aspect calcité : quatre proviennent des voûtes²² et deux des piles²³. Ce type de calcitation apparaît lorsqu'un mortier est exposé à un ruissellement, cette variation de l'aspect des mortiers correspond donc aux mauvaises conditions de conservation des maçonneries, en extérieur.

Type	Numéros de prélèvements	Description synthétique
1	PRV 1, 2	Mortier de chaux beige, souple, limono-sableux et de porosité compacte. L'agrégat se compose de quartz et de micas au faciès subanguleux. La proportion entre la charge et le liant est pondérée. Le mortier contient de rares nodules de chaux, inférieurs à 1 mm. Il comprend également des inclusions de charbon.
2	PRV 3, 4, 6 à 59, 73, 75, 76	Mortier de chaux beige à beige foncé, très dur, de texture sablo-graveleuse. Il comporte de petites aspérités sphériques traduisant une porosité aérée, sauf certains prélèvements qui présentent une texture vacuolaire. La charge se compose principalement de sable fin et grossier de quartz et de micas, ainsi que de petits fragments de gneiss inférieurs à 5 mm ; il comporte également quelques gros graviers et de rares cailloux. La proportion de charge et de liant est pondérée. Le mortier comporte quelques nodules de chaux, inférieurs à 1 mm, ainsi que de très rares incuits. Il comprend des inclusions anecdotiques de charbon et de fibres végétales.
3	PRV 71	Mortier de chaux beige, dur, sablo-limoneuse et de porosité compacte. L'agrégat au faciès subanguleux se compose de quartz et de micas ; il comprend également des fragments de gneiss. Le liant et la charge présentent des proportions pondérées. Le mortier contient de rares nodules de liant inférieurs à 1 mm.
4	PRV 60	Mortier de chaux blanc-gris, dur, sableux et de porosité aérée. L'agrégat au faciès subanguleux se compose de quartz et de micas, quelques fragments de granite inférieurs à 5 mm sont également présents. Il s'agit d'un mortier maigre, car sa proportion de chaux est faible. Il comporte toutefois des nodules de liant inférieurs à 1 mm. Il présente une forme de calcitation en surface.
5	PRV 74	Mortier de chaux blanc, friable, limono-sableux et de porosité compacte. L'agrégat au faciès subanguleux se compose de quartz et de micas. Le liant et la charge présentent des proportions pondérées.
6	PRV 62, 67, 72	Mortier de chaux gris, dur, limono-sableux et de porosité aérée. L'agrégat au faciès subanguleux se compose de grains siliceux. Le liant et la charge présentent des proportions pondérées, et ce mortier comporte de rares nodules de liant millimétriques.
7	PRV 61	Mortier de chaux beige, dur, dont la charge limono-sableuse comporte également de nombreux graviers. Sa porosité est aérée. L'agrégat présente un faciès subanguleux et est constitué de quartz et micas. De nombreux graviers principalement inférieurs à 5 mm sont des fragments de gneiss. Il s'agit d'un mortier maigre.

20 Se référer à l'inventaire des prélèvements pour la localisation détaillée. Il s'agit ici des PRV 4, 8, 10, 17, 24, 34, 44, 45, 58, 59 et 75.

21 Il s'agit des PRV 3, 25, 43, 46, 47 et 76.

22 Il s'agit des PRV 6, 19, 23 et 42.

23 Il s'agit des PRV 7 et 59.

Type	Numéros de prélèvements	Description synthétique
8	PRV 63 et 66	Mortier de chaux beige clair, friable, sablo-limoneux et de porosité compacte. L'agrégat au faciès subanguleux se compose de grains siliceux. De rares graviers et cailloux de quartz sont également présents. Le liant et la charge présentent des proportions pondérées. Ce mortier comprend des inclusions anecdotiques de fibres végétales.
9	PRV 70	Mortier de chaux beige clair, souple, sablo-limoneux et de porosité compacte. L'agrégat au faciès subanguleux comprend également quelques graviers inférieurs à 5 mm, et il se compose de quartz et de micas. Le liant et la charge présentent des proportions pondérées.
10	PRV 64	Mortier de chaux blanc, souple, limono-sableux et de porosité aérée. L'agrégat au faciès subanguleux comprend également de rares graviers inférieurs à 5 mm, et il se compose de quartz et de micas. Le liant et la charge présentent des proportions pondérées.
11	PRV 69	Mortier de chaux beige, dur, dont la charge limono-sableuse comporte également de nombreux graviers. Sa porosité est vacuolaire. L'agrégat au faciès subanguleux se compose de quartz et de micas, et comprend également des fragments de gneiss inférieurs à 20 mm. Le liant et la charge présentent des proportions pondérées, et le mortier comporte de rares nodules de liants inférieurs à 5 mm. Ce mortier comprend des inclusions anecdotiques de fibres végétales.
12	PRV 5, 65	Mortier de chaux beige clair, dur, graveleux, et de porosité aérée. L'agrégat au faciès subanguleux principalement inférieur à 5 mm se compose de quartz et de micas, parfois sous forme de fragments de gneiss. Le liant et la charge présentent des proportions pondérées, et le mortier comporte de rares nodules de liants inférieurs à 4 mm.
13	PRV 68	Mortier de chaux beige, friable, limono-sableux, de porosité aérée. L'agrégat au faciès subanguleux se compose de grains siliceux. Il s'agit d'un mortier maigre, qui comprend de rares nodules de liant inférieurs à 1 mm.

Tableau analytique des mortiers présents sur l'aqueduc

3.2 Etude des matériaux lithiques (H. Savay-Guerraz)

Les maçonneries de l'ouvrage des Massues sont constituées de deux types de roches : l'essentiel du blocage et des parements est construit avec des matériaux locaux d'origine métamorphique, tandis que les moellons des chaînes d'angles (**fig. 27**) et les claveaux des arcs de tête (**fig. 41**), presque entièrement disparus, mettent en œuvre des roches sédimentaires exogènes.

3.2.1 Les roches métamorphiques

Il s'agit de roches locales qui se rattachent aux formations des monts du Lyonnais. Il est difficile actuellement d'appréhender la diversité des ressources potentielles à partir de la carte géologique pour deux raisons : d'abord le contexte urbain ne se prête pas à une cartographie précise de la nature du substrat. Ensuite, la feuille locale (Lyon XXX-31) est une publication relativement ancienne, qui remonte au début des années 1960. Ce document (comme la feuille immédiatement au sud, Givors XXX-32) n'a pas bénéficié de l'interprétation renouvelée des données de terrain qui caractérisent les cartes établies à la fin des années 1990 (par ex. Tarare XXIX-31, plus à l'ouest). Ces dernières, élaborées après l'intégration de la théorie de la tectonique des plaques, se distinguent par une meilleure compréhension de la genèse des formations et, pour ce qui nous préoccupe ici, c'est-à-dire la diversité des matériaux disponibles, par une connaissance approfondie de la nature des formations, cartographiées de façon très précise.

Ces roches offrent une réelle diversité à l'œil nu, mais nécessiteraient d'être caractérisées par une analyse pétrographique fondée sur un examen au microscope polarisant de lames minces. Cette étude reste à conduire : elle trouverait tout son intérêt dans le cadre d'une recherche plus large, portant sur l'ensemble du tracé de l'aqueduc et visant à comparer les roches mises en œuvre avec les affleurements potentiellement exploitables tout le long de son parcours.

On se bornera ici à constater l'omniprésence dans les maçonneries des deux roches métamorphiques les plus proches de l'ouvrage : les « anatexites à biotite » (gneiss ayant subi un début de fusion), qui constituent le substrat local, et les « anatexites à biotite et cordiérite » dont les affleurements s'étendent dans l'angle

sud-ouest de la feuille (communes de Charbonnières, Saint-Genis-les-Ollières, Craponne), à moins de 2 km, pour les plus proches de l'ouvrage des Massues.

3.2.2 Les roches calcaires

Quelques moellons des chaînes d'angle, ainsi que quelques claveaux qui forment la tête de l'arc le plus élevé subsistent à l'extrémité amont du rampant.

On y observe les roches suivantes :

- calcaire blanc, ferme, dont la structure oolithique est bien visible à l'œil nu ; à la loupe binoculaire, la roche apparaît constituée d'une accumulation d'oolithes, sans structure interne visible, liées par un ciment de calcite cristallisée très peu abondant (liseré) et de couleur jaune. Cette roche se rattache aux affleurements du bathonien exploités à Anse, Pommiers, Lucenay (Rhône), sur la rive droite de la Saône (collines du Bas-Beaujolais). Ce matériau, présent ici dans les arcs et les moellons, apparaît dès le début du I^{er} siècle à Lyon et son utilisation se poursuit au moins jusqu'à la fin du II^e siècle.
- calcaire jaune, demi-dur, constitué d'une accumulation de fragments d'entroques. Ces éléments sont des débris de Crinoïdes, organismes fossiles fixés sur le sol marin par une tige constituée d'articles, qui se fragmentent après leur mort. Ces entroques offrent à l'œil nu autant de petites facettes miroitantes, dues au clivage des cristaux de calcite qui les composent. Il s'agit du calcaire aalénien qui affleure dans le mont d'Or (*Pierre dorée, Pierre de Couzon*). Cette roche intervient dans les arcs. Elle est présente dans les constructions à Lyon dès la fin du I^{er} siècle avant J.-C. et de façon discrète mais constante, durant toute l'époque romaine (Savay-Guerraz 2007).
- calcaire gris, demi-dur, avec une cassure esquilleuse ; à l'œil nu aucun élément figuré n'est visible. Les calcaires étant rares dans l'environnement naturel de Lyon, on peut rapporter ce matériau sans trop de confusion possible au Bajocien du mont d'Or, connu traditionnellement sous l'appellation de *ciret*. Cet étage affleure notamment à Couzon (Rhône), où il recouvre les calcaires jaunes de l'Aalénien. Ce calcaire est présent dans les moellons des chaînes d'angle. Cette roche n'est utilisée à Lyon qu'à l'époque romaine, où elle intervient exclusivement dans le parement réticulé de certains tronçons de l'aqueduc du Gier (arches de Chaponost au Plat-de-l'Air notamment).

Les roches calcaires, utilisées massivement à Lyon à l'époque romaine pour la production d'éléments d'architecture en pierre de taille (grand appareil, colonnes, gradins, entablement moulurés, chapiteaux...) n'ont en revanche que rarement été mises en œuvre dans les maçonneries en *opus caementicium*. Dans ce cas, le choix des roches calcaires s'explique par la volonté de réaliser un appareil régulier. Parmi les rares ouvrages de ce type, on peut citer l'aqueduc du Gier, dont les parements réticulés sont en grande partie en calcaire, dans la dernière partie de son tracé (Chaponost, Sainte-Foy, Lyon). Il est intéressant de noter que les matériaux calcaires présents dans l'ouvrage des Massues, le sont également dans les ouvrages urbains de l'aqueduc du Gier (Savay-Guerraz 2015). Ces matériaux proviennent tous de la rive droite de la Saône, plus précisément du mont d'Or et du Beaujolais, qui sont les massifs calcaires les plus proches de Lyon.

3.3 Analyses archéomagnétiques (Pierre Camps)

Nature du matériel analysé

Il s'agit de briques de terre cuite d'une longueur comprise entre 35 et 41 cm, d'une largeur de 30 cm environ et d'une épaisseur de l'ordre de 5 cm en général qui ont été échantillonnées par carottage *in situ*.

Datation présumée de l'aqueduc : sa construction est estimée au cours du I^{er} siècle ap. J.-C sur la base d'analyses de mobilier céramique.

3.3.1 Prélèvement et préparation des échantillons

Description du prélèvement pour analyses archéomagnétiques

Les prélèvements des carottes orientées (2,5 cm de diamètre, **fig. 47 b**) ont été réalisés avec une carotteuse électrique portable. Nous nous sommes attachés à effectuer ces prélèvements de manière à ce qu'il n'y ait aucun impact visuel induit. Ainsi, tous les carottages ont été réalisés avec une amorce sur la face supérieure des briques dans la mesure du possible au niveau d'un joint avec un angle vers le bas dans la direction de la structure (**fig. 46**). De ce fait, il n'était pas nécessaire de reboucher les trous qui le seront naturellement par l'entreprise de maçonnerie lorsque celle-ci restaurera les joints au mortier à la chaux. Nous avons par contre nettoyé à grande eau les traînées de boue induites par le carottage sur la façade. Toutes les carottes ont été orientées avec une boussole par rapport au nord magnétique et par rapport à la direction du côté apparent des briques. L'orientation des carottes par rapport au plan horizontal est réalisée avec un inclinomètre (**fig. 47a**). Dans la mesure du possible, la direction du soleil a été repérée par rapport au nord magnétique afin de corriger les déviations locales du champ magnétique induites par les structures métalliques de l'échafaudage ; celles-ci pouvant être très importantes puisque nous avons mesuré des déviations jusqu'à 40°. Ces erreurs boussole provoquées par les structures métalliques ont été corrigées avec le programme en ligne « NOAA Solar Calculator » (SUNCALC).

Quatre-vingt-trois briques ont été échantillonnées au moyen de 71 carottages. Dans douze cas, le carottage a permis d'échantillonner en même temps deux briques superposées. Nous avons concentré l'échantillonnage sur la pile 4 dans le souci de prélever des briques vraisemblablement cuites dans un même four. Cette contrainte nous est imposée par la méthode de datation archéomagnétique sur briques déplacées après cuisson comme le décrit LANOS (1987). Les trois niveaux de briques présents sur chaque arase ont été prélevés de manière homogène. Notre échantillonnage se répartit de la façon suivante :

- 12 briques ont été échantillonnées sur les faces est et sud de l'arase la plus haute (notée N4) de la pile 4 (P4).
- 29 briques sur les faces est et sud de l'avant dernière arase (notée N3) de la pile 4.
- 25 briques sur les faces nord, est, et sud de l'arase N2 de la pile 4
- 17 briques sur les faces est et sud de l'arase N2 de la pile 3.

Préparation au laboratoire

Les échantillons les plus fragiles ont été indurés (plusieurs applications) avec du sodium silicaté en solution aqueuse (10%) avant le sciage. Puis chaque carotte a été découpée en échantillons à peu près cubiques (2 cm de côté, soit un volume de 8 cm³ environ). L'idée était de garder un côté correspondant à une face plane de la brique. Chaque échantillon est orienté précisément par rapport à un côté de la brique. La numérotation des échantillons suit la nomenclature suivante PxNy-000 où x correspond au numéro du pilier, y au numéro de l'arase, et 000 au numéro de la brique noté de 1 à N pour chaque niveau.

3.3.2 Analyses magnétiques

Instrumentation :

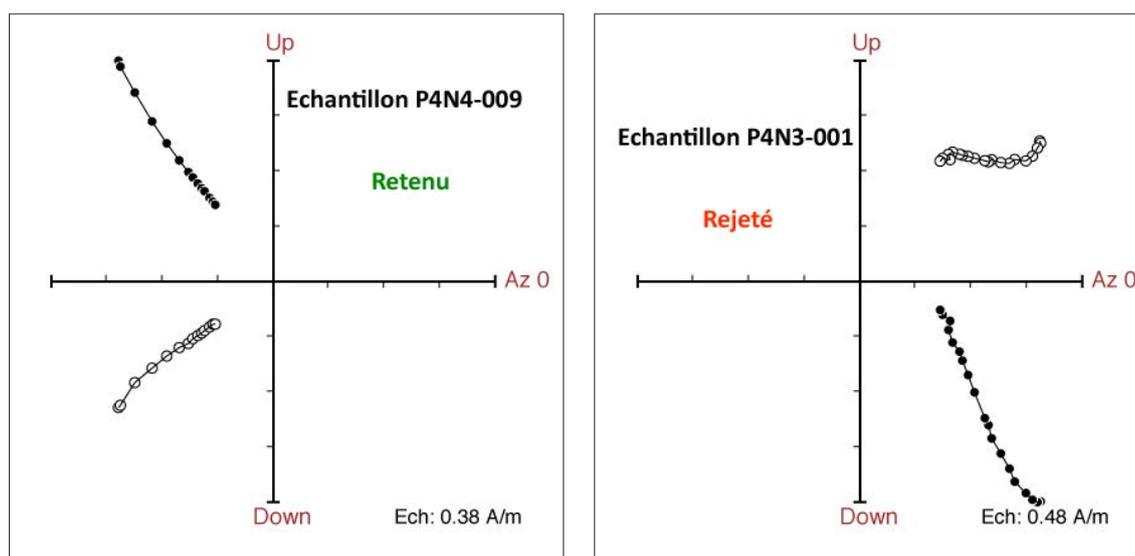
La mesure et le traitement de l'aimantation rémanente sont réalisés avec le magnétomètre cryogénique à squid 2G équipé de l'appareil à désaimanter par champ alternatif 2G-600 disponible au laboratoire de magnétisme des roches de Géosciences Montpellier. Ce magnétomètre est localisé dans une chambre de blindage électromagnétique en μ -métal ce qui contribue à une bonne qualité des mesures. Les porte-échantillons sont réalisés en quartz et PLA©. Les mesures ont été réalisées avec le système robotisé développé par nos soins qui permet de mesurer et traiter jusqu'à 34 échantillons à la fois. Un minimum de 10 paliers de traitement par champ alternatif (voir par exemple TAUXE, 2016) a été appliqué pour chaque échantillon. Un peu plus de 12000 mesures sur chacun des 3 axes des échantillons ont été réalisées dans

cette étude. La mesure de la susceptibilité magnétique, nécessaire à la correction d'anisotropie de forme (voir ci-dessous) a été réalisée avec un susceptibilimètre Bartington MS2 double fréquence.

Traitement des mesures :

Les mesures sont analysées et interprétées avec le programme PAL2006, programme d'analyse développé par nos soins. Ce programme permet d'appliquer les corrections d'orientation, de visualiser l'évolution de l'aimantation lors de son nettoyage par champ alternatif (**ill. 1**), et de calculer la direction de l'aimantation caractéristique pour chaque échantillon par la méthode de composantes principales (KIRSCHVINK, 1980).

Sur les 83 briques analysées, seules 65 ont été retenues pour l'interprétation finale, ce qui représente un taux de réussite de 69%. Sur les 18 briques non retenues, 13 ont été écartées car l'orientation de la carotte par rapport à la brique n'a pas pu être retrouvée avec une précision suffisante au laboratoire. Ces carottes ont donc été écartées avant traitement. Pour les 5 autres échantillons, soit la direction d'aimantation caractéristique d'aimantation n'a pas pu être isolée (**ill.1** ; ceci peut s'expliquer par exemple par une réaimantation due à un coup de foudre), soit cette dernière semblait complètement discordante par rapport aux autres mesures.



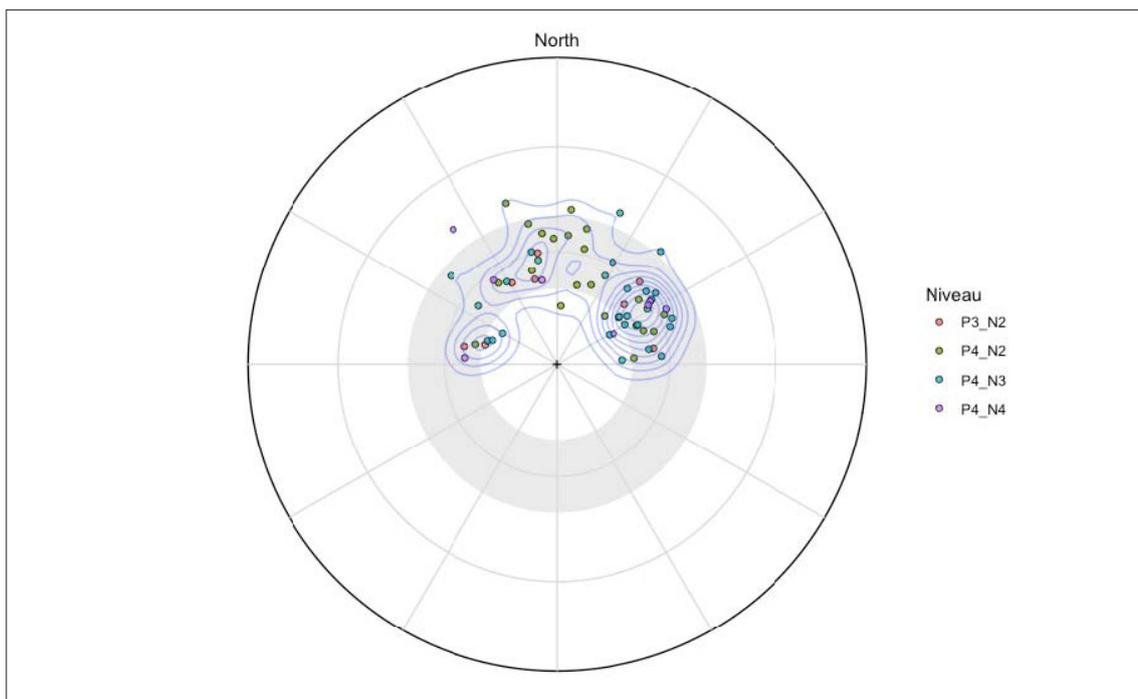
Ill. 1) : Exemple de désaimantation par champ alternatif (traitement jusqu'à 120 mT pour l'échantillon de gauche retenu), et 170 mT pour celui de droite, rejeté). Le repère de coordonnées est le repère « brique » tel que défini par Ph. Lanos (1987)

Pour la plupart des échantillons, une petite composante secondaire (de nature certainement visqueuse) est présente, mais est facilement éliminée par le traitement par champ alternatif.

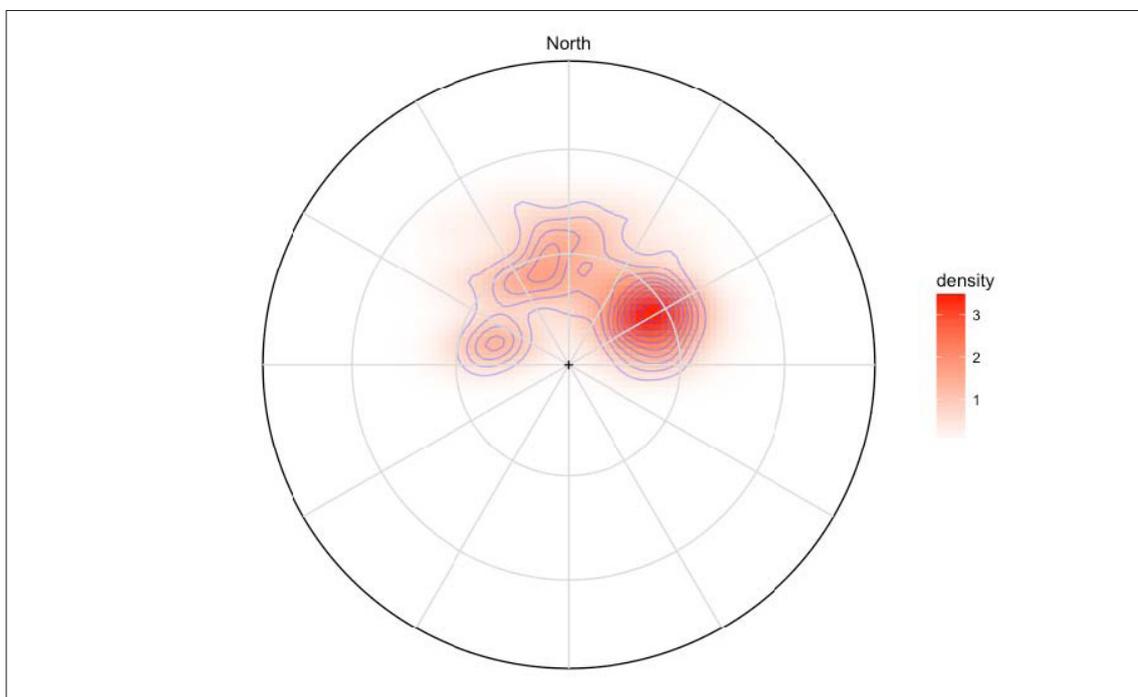
Correction de l'anisotropie d'acquisition de l'aimantation rémanente et de l'anisotropie de forme: Ces corrections ont été appliquées comme cela est préconisé par LANOS (1987).

Résultats :

Les données directionnelles ainsi obtenues pour chaque échantillon sont replacées dans le repère brique en faisant l'hypothèse que les briques ont été cuites en position debout dans le four (**ill. 2, 3 et Annexe 1**)



Ill. 2) : Projection à surface égale de la direction d'aimantation caractéristique pour chaque échantillon après correction en prenant l'hypothèse que les briques ont été cuites en position debout. Les inclinaisons du champ magnétique terrestre attendues dans la région lyonnaise au cours de la période romaine se situent dans la zone en grisé. Les iso-contours de densité de points sont représentés par les lignes bleues.



Ill. 3) : Projection à surface égale montrant un diagramme en densité des directions d'aimantations dans un repère brique cuite en position debout.

Deux remarques s'imposent :

- 1) Les directions d'aimantation ont, à la quasi-unanimité, une inclinaison conforme à l'inclinaison du champ magnétique terrestre attendue dans la région lyonnaise à l'époque antique romaine (zone en grisé sur **ill. 2**). Cette observation confirme bien que les briques ont été cuites en position « debout » dans le four (LANOS, 1990).
- 2) Le diagramme de densité de points (**ill. 3**) montre une concentration maximale pour une orientation de l'axe du four à 60° de la direction du champ magnétique de l'époque. Un deuxième pic de densité, conjugué au premier parce que situé à 90° de celui-ci (Azimuth d'environ N330°), s'inscrit pleinement dans l'idée que les briques étaient positionnées parallèlement aux murs des fours antiques à forme rectangulaire (LANOS, 1987, 1990). Ainsi dans une même fournée, il y pouvait y avoir deux arrangements de briques à 90° l'un de l'autre. Nos données semblent confirmer cette hypothèse. Un troisième pic de densité (Azimuth N290°) soulève une interrogation plus délicate. Est-ce là une preuve de l'utilisation d'un deuxième four qui serait orienté N020 ou N0290 ? Il semble sur notre figure (**ill. 3**) qu'un pic conjugué apparaisse à N020 mais nos données sont trop peu nombreuses pour valider complètement cette hypothèse. L'hypothèse alternative à l'existence d'un second four est que nos données sont dispersées par exemple à cause d'un mauvais alignement des briques dans le four par rapport aux parois, ou encore qu'il s'agirait d'erreurs introduites dans nos orientations lors des prélèvements dues à une mauvaise estimation de l'effet des structures métalliques de l'échafaudage, etc...

Détermination de l'inclinaison moyenne :

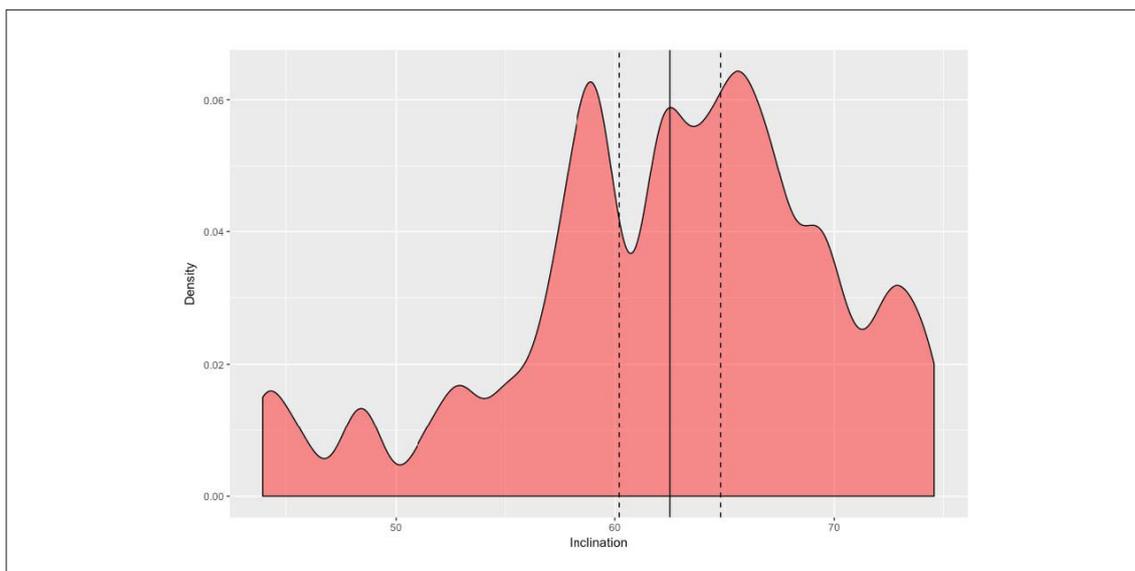
Compte tenu de la présence de 3 voire 4 pics de densité, il est difficile d'effectuer les rotations pour traiter les données en un seul lot avec la statistique de Fisher comme le préconise Ph. Lanos dans ses études sur ce sujet (LANOS, 1987 et 1990). Aussi les données ont été analysées sur l'inclinaison seulement avec les protocoles de calculs développés par McFadden et Reid (MCFADDEN AND REID, 1984) pour le traitement des données de carottes océaniques pour lesquelles la déclinaison est souvent perdue. Cette procédure nous a permis de déterminer une inclinaison moyenne avec une très bonne précision.

Nombre de données	Inclinaison	Kappa	alpha95
65	62.5°	61	2.3°

Tab. 1 : Kappa est le paramètre de concentration et Alpha95 l'incertitude à 95% de confiance sur l'inclinaison moyenne en prenant l'hypothèse que la distribution des directions correspond à une distribution Fisherienne.

Discussion sur la valeur de l'inclinaison moyenne :

L'inclinaison moyenne est déterminée avec une bonne précision, voire très bonne compte tenu du matériel utilisé. L'analyse de la distribution des inclinaisons individuelles, sous forme de diagramme de densité (**ill. 4**) nécessite cependant quelques commentaires. Il est par exemple frappant d'observer des pics de densité distribués de manière symétrique de part et d'autre de l'inclinaison moyenne, de manière évidente à +/- 4° et de façon un peu moins évidente à +/- 10°. Cette observation pourrait s'expliquer par une disposition des briques dans le four en rangées à pendage alterné comme cela est illustré sur la figure 15 de LANOS (1990). On note que ces pics étant d'intensité égale et parfaitement symétriques de part et d'autre de l'inclinaison moyenne, la correction de ces éventuels « pendages » ne changerait pas la valeur moyenne que nous avons trouvée mais simplement diminuerait le paramètre de confiance (alpha95) sur cette moyenne. Dans le cadre d'une datation archéomagnétique, cela aurait pour conséquence de proposer un âge sur un intervalle plus réduit et donc plus précis. Comme nous observons aussi un pic de densité au niveau de l'inclinaison moyenne et que nous n'avons aucun autre argument qui nous laisse penser que les briques étaient en position debout légèrement inclinées, nous n'avons pas fait cette correction de pendage.



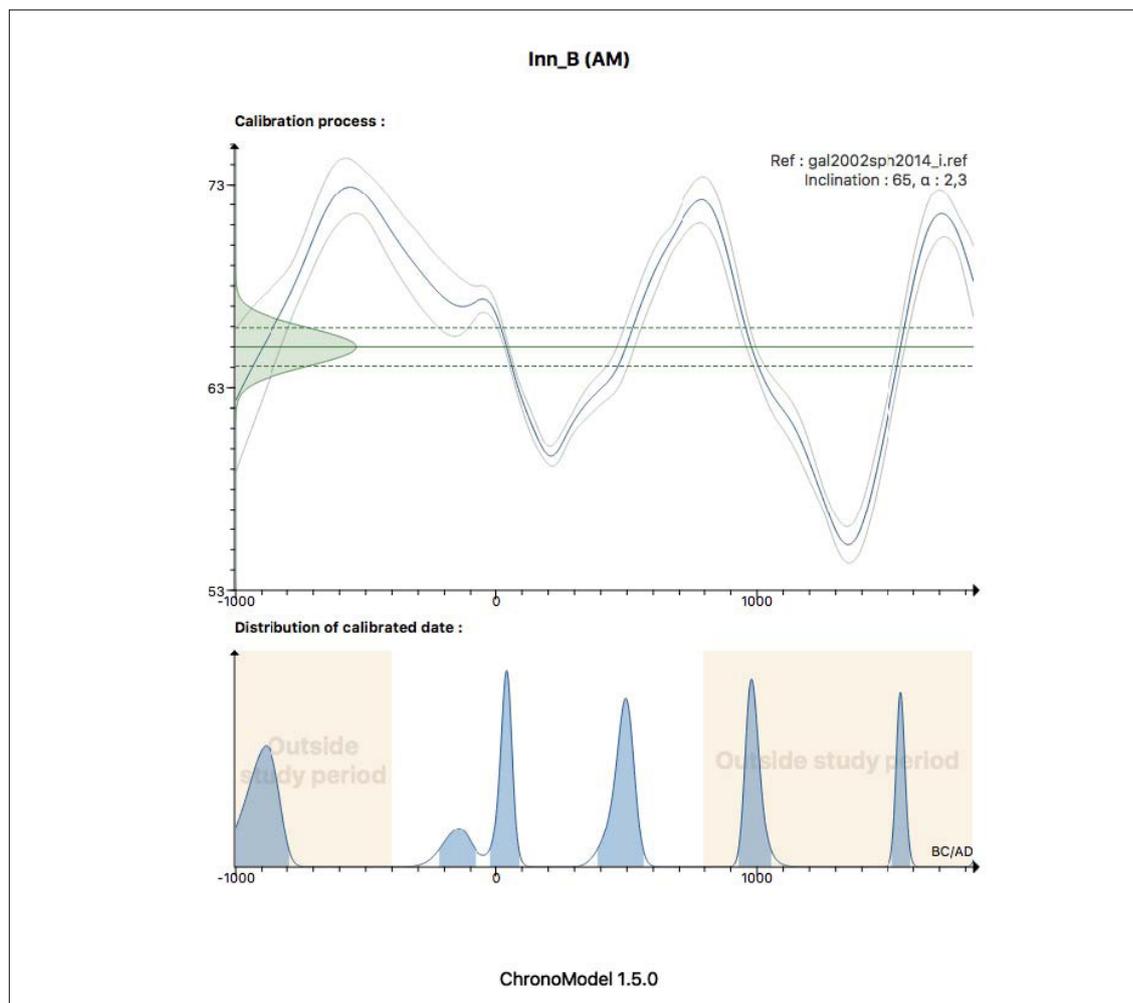
Ill. 4) : Diagramme en densité de la distribution des inclinaisons mesurées. L'inclinaison moyenne (trait plein) et son intervalle de confiance à 95% (traits pointillés) sont représentés.

3.3.3 Datation archéomagnétique

Courbe de référence et modèle utilisé :

L'âge des briques de construction est estimé avec le logiciel Chronomodel© (LANOS ET AL., 2015) en utilisant la courbe de référence régionale de l'Europe de l'ouest Gal2002Sph2014_I (HERVÉ, 2013). Ce modèle régional de référence est calculé sur Paris. Il nous faut donc au préalable effectuer la correction de latitude (NOEL & BATT, 1990) qui consiste à relocaliser sur Paris (Lat : 48.9° N et Long : 2.3° E) la valeur de l'inclinaison trouvée à Lyon en faisant l'hypothèse que le(s) four(s) étai(en)t localisé(s) dans la région lyonnaise. Le calcul est fait en utilisant le modèle du Pôle Géomagnétique Virtuel.

Inclinaison à Lyon	Inclinaison équivalente à Paris
62.5°	65.0° ± 2.3°



Ill. 5) : Confrontation de la valeur d'inclinaison obtenue (relocalisée sur Paris) avec la courbe de référence de l'Europe de l'Ouest Gal2002Sph2014_I

Trois solutions chronologiques sont possibles concernant les briques de construction si l'on se restreint à l'époque antique romaine. L'intervalle de confiance est calculé avec un niveau de confiance à 95%.
[BC 221 - BC 81] [BC 23 - 88AD] [387 - 562 AD]

Conclusion à la datation archéomagnétique :

Compte tenu du contexte archéologique, l'intervalle en vert est à privilégier. Nous notons qu'il s'agit aussi de l'intervalle qui présente la probabilité d'occurrence la plus élevée (ill. 5).
âge proposé : [BC23 - 88AD]

Légende :

Niveau: Numéro de pilier et numéro de l'arase échantillonnée.**Ech :** Nom de l'échantillon traité**Dh et Ih :** Déclinaison et inclinaison dans le système de coordonnées « brique posée à plat »**De et Ie :** Déclinaison et Inclinaison dans le système de coordonnées « brique posée sur la tranche »**Du et Iu:** Déclinaison et Inclinaison dans le système de coordonnées « brique posée debout »

Niveau	Ech	Dh	Ih	De	Ie	Du	Iu
P3_N2	1-04A	23,1	21,3	23	-21,4	45,1	58,9
P3_N2	1-06A	-5,3	18,8	18,9	5	-74,8	70,5
P3_N2	1-07A	12,7	16,1	16,5	-12,2	52,9	69,5
P3_N2	1-09A	-29,8	4,9	5,6	29,7	-9,9	59,8
P3_N2	1-11A	16,4	17,5	18,2	-15,6	48,4	66,1
P3_N2	1-12A	-21,9	11,5	12,4	21,4	-28,8	65,4
P3_N2	1-13A	-22,6	5,7	6,2	22,5	-14,6	66,7
P3_N2	1-14A	-5	24,2	24,3	4,6	-79,1	65,2
P3_N2	1-17A	4,5	25,4	25,5	-4,1	80,7	64,1
P4_N2	2-01A	-25	6,4	7,1	24,8	-14,9	64,2
P4_N2	2-03A	14,4	28,2	29	-12,7	65,2	58,6
P4_N2	2-04A	10,7	20,7	21	-10	64,1	66,6
P4_N2	2-07A	-22,1	15	16,1	21,3	-35,5	63,5
P4_N2	2-08A	-38	7,1	9	37,7	-11,5	51,4
P4_N2	2-10A	1,7	20,3	20,3	-1,6	85,4	69,5
P4_N2	2-11A	31	6,8	7,9	-30,8	13	58,3
P4_N2	2-12A	12,9	12,3	12,6	-12,6	44,4	72,2
P4_N2	2-13A	-35,2	3,7	4,5	35,1	-6,5	54,6
P4_N2	2-14A	41,8	3,4	4,6	-41,7	5,1	48,1
P4_N2	2-16A	9,3	25,5	25,8	-8,4	71,4	62,9
P4_N2	2-17A	9,4	22,6	22,9	-8,7	68,8	65,4
P4_N2	2-18A	-5,5	21,2	21,3	5,1	-76,3	67,9
P4_N2	2-19A	15,4	0,9	0,9	-15,4	3,4	74,6
P4_N2	2-20A	21,2	8,6	9,2	-21	22,9	67,2
P4_N2	2-21A	21	5	5,4	-20,9	13,8	68,4
P4_N2	2-21B	34,6	2,7	3,3	-34,6	4,8	55,3
P4_N2	2-22A	36,6	7,3	9,1	-36,3	12,1	52,8
P4_N2	2-23A	-33,7	0,9	1,1	33,7	-1,6	56,3
P4_N2	2-24A	-44,4	12,3	17	43,1	-17,5	44,2
P4_N2	2-25A	18	21,3	22,3	-16,7	51,7	62,3
P4_N3	3-03A	20,4	25,5	27	-18,3	54,1	57,6
P4_N3	3-06A	-6,4	18,1	18,2	6,1	-71,2	70,8
P4_N3	3-11A	13,5	30,1	30,8	-11,7	68,2	57,1
P4_N3	3-12A	-6,5	16,9	17	6,2	-69,6	71,9
P4_N3	3-13A	15,6	23,7	24,5	-14,3	58,6	61,8
P4_N3	3-14A	-8,3	14,2	14,3	8	-60,4	73,6
P4_N3	3-15A	4,2	24,1	24,2	-3,8	80,8	65,3
P4_N3	3-16A	11	29,8	30,3	-9,5	71,7	58,3
P4_N3	3-17A	42,1	15,6	20,6	-40,2	22,7	45,6
P4_N3	3-18A	18,4	24,5	25,7	-16,7	55,6	59,5
P4_N3	3-19A	-30,2	6,5	7,5	30	-12,8	59,2

Niveau	Ech	Dh	Ih	De	Ie	Du	Iu
P4_N3	3-21A	27,9	14,2	16	-27	28,4	58,9
P4_N3	3-22A	32,9	26,2	30,4	-29,2	42,5	48,8
P4_N3	3-23A	12,9	16,4	16,8	-12,4	52,9	69,2
P4_N3	3-24A	1,1	17,1	17,1	-1,1	86,5	72,7
P4_N3	3-25A	-25,7	27,3	29,8	22,7	-50,1	53,1
P4_N3	3-26A	23,9	12,2	13,3	-23,3	28,2	63,3
P4_N3	3-27A	-16,2	20,3	21,1	15,2	-53,2	64,1
P4_N3	3-28A	-27,8	4,8	5,4	27,7	-10,3	61,8
P4_N3	3-29A	7,9	13,6	13,7	-7,7	60,5	74,3
P4_N4	4-03A	-23	16,2	17,5	22	-36,8	62,1
P4_N4	4-05A	-22,3	3,9	4,2	22,2	-10,2	67,4
P4_N4	4-06A	17,8	24,4	25,5	-16,2	56	60,1
P4_N4	4-07A	16,1	28,7	29,7	-14,1	63,2	57,4
P4_N4	4-08A	8,2	14,8	14,9	-7,9	61,7	73,1
P4_N4	4-09A	-39,5	25,9	32,2	34,9	-37,4	43,9
P4_N4	4-10A	16,7	23,9	24,8	-15,2	57,1	61,1
P4_N4	4-12A	-1,8	24,2	24,2	1,6	-86	65,7
P4_N3	3031B	20,8	18,3	19,5	-19,7	43,1	62,5
P4_N3	3033B	2,3	27,6	27,6	-2	85,6	62,2
P4_N3	3004B	13,2	18,4	18,9	-12,5	55,6	67,5
P4_N3	3036B	20,6	23,2	24,6	-18,9	50,7	59,3
P4_N3	3007B	10,8	17,7	18	-10,3	59,8	69,2
P4_N3	3008B	-22,3	12,8	13,8	21,7	-31,1	64,4
P4_N3	3031B	10,9	21,1	21,5	-10,2	64,1	66,2

Tab.03 . Tableau récapitulatif des déclinaisons et inclinaisons

4. Réflexions et hypothèses

Un siphon d'aqueduc consiste en un système de conduites sous pression permettant de s'affranchir des irrégularités topographiques importantes. La région lyonnaise en est entourée ce qui explique que chacun des quatre aqueducs antiques compte plusieurs siphons. Ainsi sont évités des constructions pharaoniques (ponts de plus de 100 m de hauteur) ou des contournements dispendieux. Par le principe des vases communicants, l'eau conduite sur une pente descendante remonte sur l'autre côté du siphon jusqu'à une altitude comparable. Sans mouvement, l'eau y apparaîtrait au même niveau à chaque extrémité. Or, il convient d'assurer un déplacement du volume d'eau égal à celui transporté dans les secteurs courant à l'air libre. Il en résulte, du fait des frottements d'origines multiples, une *perte de charge*. Dans les ouvrages consultés, aucun auteur ne propose la formule de calcul, partiellement empirique, de cette perte de charge, mais elle est estimée entre 14 et 16 m (18 m selon Germain de Montauzan 1909, p. 217) pour le siphon d'Ecully, d'une longueur totale de 3'500 m et présentant une flèche (dénivelé total) de 90 m.

Les contraintes de pression sont telles dans un siphon qu'il eut été impossible de transporter l'eau dans une seule conduite. C'est pourquoi on en trouve neuf à douze ou treize selon les siphons considérés (aqueduc du Gier). Cette disposition justifie une maçonnerie radicalement différente pour les ouvrages de génie soutenant ces conduites sur lesquels les piles sont jusqu'à trois fois plus larges que sur les parcours libres du canal. Bien qu'aucun élément n'en ait été découvert, on considère aujourd'hui pour acquis le recours au plomb pour la réalisation des conduites dans les siphons lyonnais. Prenant en compte les intervalles séparant les tuyaux et les diamètres présentés plus haut, on peut restituer dix à douze tuyaux parallèles courant sur le rampant des Massues.

4.1 Les étapes du chantier de construction

Les irrégularités enregistrées dans la construction du monument ont suscité quelques questionnements. Les observations réalisées sur l'aspect général de la maçonnerie sont surprenantes dans la mesure où, à de rares exceptions près, les différentes étapes de la réalisation du monument n'ont pas été régulièrement reconnues. Elles sont pourtant indispensables et se traduisent généralement par des niveaux plans reconnaissables à un changement du mortier (charge ou couleur), à l'agencement des éléments du blocage ou plus simplement d'une rupture dans la continuité de la maçonnerie. Ces irrégularités avaient été clairement identifiées à Chaponost sur l'aqueduc du Gier (Eschbach 2009). Aiguillonnés par la répartition irrégulière des arases de briques ou leur absence et par la variabilité de hauteur des épaulées, nous proposons à titre d'hypothèse un schéma présentant le découpage en étapes de travail successives de la construction du monument des Massues (**fig. 18**).

Les observations de terrain, la consultation des documents élaborés par nos prédécesseurs et une réflexion empirique sur les divers problèmes envisageables permettent d'établir un scénario de la mise en chantier du monument des Massues²⁴. Onze étapes successives, à notre avis obligatoirement dissociées, ont été distinguées. Chacune de ces étapes peut elle-même être fractionnée en plusieurs sous-étapes, comme le suggère la présence des arases de briques.

Le premier travail (1 en pointillé rouge) consiste à creuser des fosses quadrangulaires dans le sol. En l'absence de tranchée de fondation reconnue, on peut affirmer qu'elles constituent le coffrage à l'intérieur duquel est logé la fondation. Leur profondeur va jusqu'à atteindre un niveau jugé sain, en l'occurrence une moraine indurée particulièrement favorable, car très résistante. Les dimensions des fosses et donc des fondations sont réduites au maximum, comme le prouve la faible différence de section entre piles et fondations. Plusieurs équipes peuvent être affectées à ce travail qui ne se limite pas au monument des Massues mais se poursuit par une file d'arches vers l'est, en direction de la rue des Aqueducs.

²⁴ Ces propositions, présentées en tant que documents de travail appelés à évoluer, ne prennent pas en compte la prolongation de l'ouvrage en direction de l'est. Cette dernière comporte trop d'incertitudes.

La seconde étape (2 en bleu) correspond à l'élévation des parties entières des piles (épaulées) à l'exclusion des écoinçons qui ne peuvent être mis en place qu'après l'installation des voûtes. Jusqu'ici, ces étapes peuvent être menées simultanément, chaque pile pouvant être conjointement fondée et élevée jusqu'au départ de voûte par des équipes différentes. Ce n'est plus le cas à partir de la troisième étape.

La mise en place de la première voûte, la plus basse, constitue obligatoirement la troisième étape (3 en violet), plus rien ne pouvant être fait avant son achèvement. L'élévation des écoinçons de la pile 1 (étape 4 en vert), séparés par une phase intermédiaire (?), non reconnue sur le terrain, correspondant à la mise en place d'une arase de briques, autorise l'installation de la voûte 2 (étape 5). Ensuite, les étapes se succèdent de la même façon en alternant écoinçons et voûtes jusqu'à l'étape 10.

La onzième phase consiste en l'installation du radier de support accueillant les tuyaux de plomb. Mais tout aussi bien, cette partie du travail mettant en œuvre un volume considérable de matériaux, elle pourrait être réalisée par paliers successifs, dès la consolidation de la voûte 1.

Les étapes intermédiaires suggérées par la présence des arases de briques peuvent parfaitement n'être que temporaires dans l'élévation de la pile, tout au moins jusqu'au niveau de mise en place d'une voûte, le cas échéant (voûte 3). Il ne faut peut-être pas leur accorder un rôle qu'elles n'ont pas. En effet, la sixième arase de briques de la pile 4 dont la longueur correspond à celle de la pile, ne représente sans doute pas une étape de travail indispensable mais bien plutôt un élément de décor uniquement.

En revanche, la plupart sont de réelles obligations techniquement incontournables, même si elles ne se traduisent pas par des indices clairement identifiés lors de nos investigations. C'est le cas notamment de tous les sommets d'écoinçons ou d'épaulées recevant un départ de voûte. En effet, la consolidation totale de la pile ainsi que la réserve d'un espace suffisant au positionnement du châssis de soutien (bois) sont indispensables au placement de chaque voûte. Toutefois, ces niveaux ne sont pas signalés par une arase de briques, à l'exception de la voûte 3. Parmi les étapes identifiées lors de la présente opération, un niveau a été reconnu dans la construction des piles 1 et 3 au niveau du départ de la voûte supérieure et dans la pile 4, au-dessus de la troisième arase de briques.

Sur le schéma (**fig. 18**), deux phases intermédiaires (en orangé marquées d'un ?), comprises entre le sommet de la dernière épaulée et une arase de briques, n'ont pu être attribuées de façon définitive à la mise en place de l'écoinçon qui les surplombe directement. Le respect d'une certaine logique constructive en ferait une hypothèse plus que probable.

4.2 Le réservoir (?) de fuite

Du point de vue de la définition, l'appellation de *réservoir* s'agissant des bassins édifiés aux deux extrémités d'un siphon ne semble pas la plus appropriée. En effet, ces constructions, généralement de dimensions réduites, servent plus à la transformation du type d'écoulement de l'eau qu'à un quelconque stockage. Pour le réservoir de chasse (situé en amont), il s'agit de diviser le flot entraîné dans le canal unique en un certain nombre (8 à 13) de conduites capables de maintenir la pression sur toute la longueur du siphon. A l'extrémité aval de l'installation, un autre réservoir (de fuite) sert à l'opération inverse : les arrivées multiples (tuyaux de plomb) sont concentrées vers la sortie unique du canal à ciel ouvert. Le bassin du réservoir de fuite fait également office de tampon en régularisant le débit et en contenant les débordements provoqués par les inévitables remous. La couverture du réservoir tient le même rôle de protection auquel on peut suggérer d'ajouter celui contre les pollutions naturelles ou malveillantes. Le sommet de la construction est généralement équipé d'un regard de visite quadrangulaire.

A l'aval comme à l'amont, le changement du type d'écoulement va de pair avec celui des dimensions de la maçonnerie de soutien dont les piles peuvent tripler de volume, conséquence de l'étalement horizontal des conduites de plomb et de leur poids. Le réservoir de chasse²⁵ de Soucieu (aqueduc du Gier) que l'on peut considérer par ses dimensions comme potentiellement proche de ce que devait être le réservoir de fuite des Massues, présente neuf orifices de 27 cm de diamètre, pour 80 cm de longueur, soit l'épaisseur de la maçonnerie du réservoir. En revanche, s'agissant d'un réservoir de chasse, on ne peut affirmer que

25 Les indications pour des réservoirs de fuite sont malheureusement inexistantes ; la comparaison reste donc très subjective.

la hauteur des orifices au-dessus du fond (16 cm à Soucieu) soit comparable sur le réservoir de fuite des Massues. A vrai dire, il paraît logique d’imaginer un surbaissement²⁶ entre l’arrivée des tuyaux et le fond du réservoir, ceci afin d’éviter un refoulement de l’eau vers l’amont du siphon. Un second décalage existe peut être également entre le fond du réservoir et celui du canal qui s’en échappe.

Le réservoir de fuite des Massues n’a pas été retrouvé et il n’existe d’ailleurs aucun vestige de *réservoir* de fuite proprement dit pour l’aqueduc de la Brévenne, pas plus que pour celui du Gier. Pour ce dernier, les seuls vestiges attribués à l’extrémité aval d’un siphon sont ceux du rampant du siphon du Gagère (Chaponost ; Burdy 1996, pp. 145-146), mais le réservoir lui-même n’est pas conservé.

Si l’on s’en tient aux comparaisons possibles, le réservoir prend place sur une pile et non sur une arche (réservoir de la Gagère). De plus, cette pile unique est de dimensions nettement supérieures (+ 20-30%) aux autres piles du siphon et semble le plus souvent contrebutée latéralement. Ces deux remarques suffisent à elles seules à expliquer l’absence de tout vestige du réservoir, pour la bonne raison que son support a disparu.

4.3 Hypothèses de restitution

Outre le problème de la datation absolue du monument, il en est un plus technique qui concerne la restitution de l’ouvrage et sa prolongation en direction de l’est. De ce point de vue et malgré une apparente simplicité, le monument des Massues, souvent peu considéré, n’a pas livré tous ses secrets. Faut-il concevoir, sur les vestiges conservés, l’adjonction d’un réservoir de fuite dont la forme exacte et le positionnement sont à préciser et, dès après la pile 4, la poursuite de l’aqueduc-canal, sur des piles plus étroites du genre de celles pressenties en amont du siphon au chemin des Cuers (Dardilly ; Eschbach 2008) ? Ou faut-il imaginer un monument s’élevant encore, avec la restitution d’une ou plusieurs voûtes rampantes supplémentaires ?

Le premier problème concerne le réservoir évoqué ci-dessus. A propos des supposés vestiges de ce réservoir, Germain de Montauzan note : « *Après leur passage sur ce pont [des Planches], les tuyaux de conduite remontaient le long de la pente en face d’Ecully et se dirigeaient en obliquant un peu à l’ouest, vers le réservoir des Massues, peut-être en faisant un coude à un endroit donné, comme l’indique la carte d’Artaud, peut-être par une série de coudes moins accusés.*

Du réservoir lui-même (fig. 16), précédé de quatre arcs rampants, il ne reste que le radier, autour duquel on a élevé un petit mur à hauteur d’appui pour en faire une terrasse-belvédère. On ne voit donc pas la trace des trous par où venaient déboucher les tuyaux. Le mode de construction du massif de support est pareil à celui du pont-siphon. ». (Germain de Montauzan 1909 p. 93, fig. 16).

Questionné à propos de ces remarques, J. Burdy pense aujourd’hui que « *si le réservoir est précédé de 4 arcs rampants, il n’est pas à l’endroit de la photo 16, le radier : c’est le radier du rampant, pas du réservoir ; le petit mur...pour terrasse-belvédère, oui, mais il est relativement récent, d’un ou deux siècles et n’a rien à voir avec un (avec le) réservoir (bassin) de chasse du siphon. Evoquer des trous pour les tuyaux ne tient pas debout. Le mode de construction est-il «pareil»? à ceci près, et ce n’est pas rien, qu’il n’y a pas de brique au pont-siphon [des Planches].* » (communication de J. Burdy, décembre 2016).

Les éléments décisifs pour la restitution sont d’une part l’altimétrie, elle même dépendante de données incertaines ou manquantes sur la partie amont du siphon et, d’autre part, la configuration des vestiges conservés sur la pile 4, notamment son sommet sur la face est. Il convient de prendre en compte également les maigres indications existantes concernant les vestiges découverts sous la rue des Aqueducs. Selon les formes et les chiffres considérés, plusieurs hypothèses se présentent.

La première hypothèse, avec un réservoir implanté sur la dernière pile conservée (pile 4), doit être écartée : il semble établi que le réservoir prend place sur une pile plus massive que la pile 4. Par ailleurs, sur toute la face orientale de celle-ci, il n’existe aucun indice de l’encastrement d’une pile “canal” (= beaucoup plus étroite) témoignant du changement d’écoulement à la sortie d’un potentiel réservoir de fuite.

²⁶ Que nous avons ici fixé à 50 cm de façon arbitraire.

La seconde est celle réalisée par J. Burdy une première fois en 1992 et révisée à plusieurs reprises depuis. Elle consiste principalement en l'adjonction d'une pile rampante supplémentaire dans la suite de la dernière conservée à l'est (pile 4). Une partie du problème réside dans l'établissement de l'altitude du radier au niveau du réservoir de fuite ; or, sur ce plan, les vestiges font défaut. La version reproduite ici (**fig. 29**) reprend les altitudes absolues établies par J. Burdy ; elles proviennent de divers plans et schémas ponctuant ses nombreuses publications (Burdy 1993, fig.52 ; Burdy 2006, fig. 24 ; Burdy 2008, p. 84) et d'extraits de la publication de Germain de Montauzan (Germain de Montauzan 1909, p. 118). Elles concernent le tracé de l'aqueduc en amont du siphon, de même que le monument des Massues (Burdy 1993, p. 178). Ainsi, avec une altitude fixée à 302 m au radier du réservoir de chasse, du côté de Dardilly, et compte tenu d'une perte de charge estimée entre 14 et 16 m au passage du siphon, l'altitude maximale aux Massues est comprise entre 286 et 288 m. La version réactualisée proposée ici (**fig. 29**) est complétée d'une altimétrie précise des vestiges conservés et des observations détaillées issues de la présente opération²⁷.

En définitive, cette version ne fonctionne pas de manière satisfaisante avec les vestiges encore en place : aucun indice ne prouve l'existence d'une pile 5 telle que proposée. Sur son document modifié (Burdy 2006, fig. 24), Burdy table sur une érosion surévaluée au sommet de la pile 4 pour y installer une voûte rampante supplémentaire. En réalité, ce vide n'existe pas. Pire même, la conservation actuelle du monument sur la face orientale de la pile 4, pratiquement inchangée depuis près de deux siècles et demi selon le crédit que l'on accorde aux documents anciens (**fig. 19**), empêche l'adjonction d'une pile supplémentaire comme indiqué sur le schéma. Selon les observations réalisables à ce jour, l'altitude de la disparition du parement originel se situe à 282,34 m sur la face orientale de la pile 4, altitude correspondant à la base de la cinquième et avant dernière arase de briques de cette pile 4 ; aucun moellon pouvant appartenir au parement n'est observé au dessus de cette limite. Partant de ce constat, la question se pose de savoir si le parement est absent parce qu'il a été arraché ou simplement parce qu'il n'y en jamais eu au-delà de la cinquième assise sur cette face de la pile. Il est hélas aujourd'hui impossible de répondre.

Les observations de terrain ont montré que les vestiges encore en place au sommet de la pile 4 sont constitués d'éléments originels assurément non remaniés. En ce point, les éléments du blocage interne de la maçonnerie observés sont organisés de la même façon que dans le reste de la masse du radier, soit en assises horizontales successives ; un document de 1860 ne montre pas autre chose (**fig. 44**). Aucun moellon disposé en vousoir ni aucun litage en éventail indiquant un départ de voûte n'a été enregistré sur cette face de la pile.

On ne peut davantage évoquer des transformations modernes. En effet, les prélèvements de mortier effectués dans cette portion du monument n'ont pas montré de particularité : il s'agit bien du mortier antique de type 2 utilisé partout sur la construction. Par ailleurs, telle que conservée, la sixième arase de briques pénétrerait de plus de 40 cm dans la voûte supposée (**fig. 29**, en violet) ; ce n'est pas envisageable.

En dehors de celle consistant en une couverture superficielle de protection assurée par les UC 20 et UC 25, rien ne laisse suspecter une éventuelle réfection moderne de cette partie du monument qui pourrait induire en erreur.

Dans tous les cas, il en résulte un manque de place pour le positionnement d'une voûte, logiquement appuyée sur la cinquième arase de briques de la pile 4 et dont les claveaux atteignent près de 1 m de longueur. Il faudrait un espace de 1,05 m au minimum (**fig. 29**, hachuré). Or aujourd'hui, à cet endroit même, le retrait de la maçonnerie par rapport au parement originel n'est "que" de 15 cm ; c'est très largement insuffisant pour installer une voûte, quelles que soient ses dimensions.

Pour toutes ces raisons, cette solution reste insatisfaisante.

En conséquence, il conviendrait d'envisager une troisième hypothèse. Toutefois, en l'absence d'éléments décisifs nouveaux, la solution définitive ne peut être fournie aujourd'hui. Des données déterminantes pourraient être obtenues, le cas échéant, lors du dégagement des fondations de la pile située directement dans le prolongement est de la pile 4 (= pile 5). Celles-ci fourniraient à n'en pas douter des indications décisives sur les dimensions de la pile en question et donc sur son rôle et sa forme.

En laissant de côté la façon dont la pile 5 (dont on ne sait rien) est liée à la pile 4, il est possible (probable) que la proposition alternative doive être plus élevée que celle présentée ici. En prenant en compte la topographie et les résultats acquis localement, nous avons pu proposer pour le tracé au chemin des Cuers (Dardilly) dans la partie située directement en amont du siphon d'Ecully et en retenant une version haute, une altitude

²⁷ En revanche les indications métrologiques de la partie restituée, en vert, figurent uniquement à titre d'hypothèse.

du radier comprise entre **310** et **312 m** (Eschbach 2009). Le réservoir de chasse, localisé hypothétiquement à moins d'un kilomètre au sud de ce secteur pourrait donc voir son radier établi aux environs de **308 m** ou **310 m** selon les pentes restituées sur ce tronçon²⁸ au lieu de 302 m proposé jusqu'ici (Burdy 1993, p. 178)²⁹. Ces chiffres entraînent à considérer un monument des Massues peut-être passablement plus élevé qu'imaginé jusqu'ici avec, pourquoi pas (en conservant la perte de chargée fixée entre 14 et 16 m), un radier à **294** ou **296 m** au lieu de 288 m retenu dans la version de Burdy. Reste à lui trouver une configuration raisonnable et compatible avec les vestiges existants.

Si aujourd'hui rien n'interdit formellement une version "haute", il faut admettre qu'elle présente des caractéristiques particulières qui rendent difficile son acceptation définitive, tant que n'est pas résolu le problème de la liaison des piles 4 et 5. Bien qu'une surélévation inexplicée de 50 cm de la voûte 4 par rapport à l'alignement des trois premières ait été constatée, placer une voûte supplémentaire coïncidant avec les vestiges en place (**fig. 29** ; voûte en rouge) nécessiterait ici un décalage altimétrique de 2,40 m. Si l'on conserve la pente proposée pour le rampant (21,95°), cette configuration n'a pas de sens. Accentuer la pente l'éloignerait fortement des valeurs enregistrées sur les autres rampants connus et l'épaisseur déjà considérable du radier deviendrait inexplicable, tout en rendant la construction excessivement lourde. Une vraisemblable surélévation ne résout pas le problème de l'implantation de la voûte 5 sur la pile 4.

Quelle que soit la configuration de la version définitive encore à établir, elle aura des implications importantes du fait de son influence sur l'altitude finale de distribution de l'eau en ville. On a considéré jusqu'ici l'aqueduc du Gier comme seul capable d'alimenter une fontaine publique du Verbe Incarné, datée du règne de Claude, à la cote 283 m (Desbat 2011, p. 174). Or une version (plus) haute pour l'aqueduc de la Brévenne changerait la donne et pourrait remettre en question cette attribution au seul aqueduc du Gier³⁰.

Indirectement, un rehaussement de l'altitude finale de distribution de l'aqueduc de la Brévenne aurait également des répercussions sur la datation et la chronologie relative des aqueducs lyonnais, qui restent aujourd'hui des problèmes épineux³¹. En effet, les propos de A. Desbat qui considère que « [...] *la présence d'un réseau de distribution de l'eau dès la fin du I^{er} siècle avant J.-C. sur la colline de Fourvière, à une altitude que seul l'aqueduc du Gier pouvait atteindre [...] est (là) l'argument le plus fort pour supposer la création de cet aqueduc à l'époque augustéenne et la raison qui m'a conduit à proposer cette hypothèse* » (Desbat 2011, p. 185) pourraient s'en trouver invalidés s'il est avéré que les eaux de l'aqueduc de la Brévenne peuvent également atteindre cette altitude. Notons ici que les analyses archéomagnétiques réalisées proposent plusieurs fourchettes chronologiques, dont la plus probable [BC23 - 88AD] inclut une possible datation augustéenne...

Aller au-delà dans la réflexion nécessiterait une reprise exhaustive du dossier altimétrique, complété d'ingénierie physique et d'architecture ; une problématique intéressante et chargée d'enjeux, mais qui nous entraînerait trop loin dans le cadre de ce rapport.

La restitution concerne également la prolongation du monument en direction de l'est. « *Ce réservoir de fuite [Les Massues] n'était pas à la fois un réservoir de distribution. Il était suivi d'arcades sur lesquelles les eaux continuaient leur cours en canalisation libre. D'après Flacheron comme d'après la carte d'Artaud, elles s'en allaient à un autre réservoir du côté de Trion.* » (Germain de Montauzan 1909 p. 93). Malheureusement, les éléments de cette partie du tracé de l'aqueduc, cruciaux pour l'établissement d'une restitution fiable, sont rares et trop imprécis pour en tirer quelque certitude. Sur la base des vestiges conservés (fondations de piles de file d'arches) à Dardilly en amont du siphon d'Écully, en particulier les éléments pouvant être rattachés à l'élévation, le report des dimensions et des espacements permet de proposer un module quadrangulaire pour les piles rythmées qui peut être fixé à 186 x 218 cm, soit 6 x 7 pieds romains (Eschbach 2008, fig. 14). Ce sont les mesures que nous avons retenues pour les hypothèses présentées (**fig. 29** ; en vert).

28 Les avis divergent sur ce point. J. Burdy considère 1,3m/km comme une moyenne pouvant être nettement inférieure. D. Gerboud propose un calcul aboutissant à 2,4 m/km (Eschbach 2009, notes 5 et 6).

29 J. Burdy valide notre version : « ... *J'adhère tout à fait à votre hypothèse radier à 310-312 m et donc à des arches hautes de quelque 10 m (12 m avec le canal)...* » et prévient : « *Le Préinventaire (1993) est caduc et fautif dans les altitudes et tout ce qui en découle. Je ne disposais alors d'aucun moyen de mesures précises au cours des 10-15 ans de mes recherches. Il faut donc le lire et l'utiliser en conséquence.* ». Communications personnelles écrites de J. Burdy, septembre 2009.

30 Possibilité écartée par Desbat (Desbat 2011, p. 181).

31 « *La datation d'un aqueduc s'avère difficile, car il est exceptionnel que celui-ci fournisse du matériel permettant de dater sa construction ou d'éventuelles réparations* » (Desbat 2011, p. 178)

Le plan publié par Jeancolas (Jeancolas 1986, fig. 30) constitue aujourd'hui encore l'unique document figurant l'emprise des piles dans l'enfilade du monument des Massues, en direction de l'est. L'échelle réduite et la validité incertaine des observations reportées sont loin d'apporter des réponses indiscutables. Sur les dix-huit piles représentées, seules trois ont fait l'objet d'observations, encore celles-ci sont-elles partielles. L'auteur évoque les « dimensions des restes de cette pile étaient de 2,70 m dans le sens transversal à la ligne d'arcades et de 1,30 m d'épaisseur » (*ibid*, p. 73) sans préciser s'il s'agit d'une section complète ou non. Tandis qu'une profondeur de 2,70 m semble excessive, une largeur limitée à 1,30 m semble à l'inverse bien faible. Les dimensions des sections de pile reportées sur le plan ne sont pas précisées. On distingue toutefois qu'elles sont nettement inférieures à celles des piles du rampant. Ceci tend à prouver que Jeancolas considère d'une part que la pile 4 est l'ultime du rampant et, d'autre part, que c'est elle qui portait le réservoir de fuite sans apporter ni preuve, ni explication à cette déclaration. On ne possède pas plus de précisions sur la valeur des intervalles séparant chaque pile.

5. Synthèse, perspectives et conclusion

Les vestiges du monument des Massues (classés dès 1986) appartiennent à l'aménagement de l'aqueduc de la Brévenne, elle-même partie intégrante du vaste programme urbanistique de la colonie lyonnaise. Ces vestiges, probablement établis au cours de la première moitié du I^{er} s. ap. J.-C., sont des témoins d'une valeur inestimable.

Bien que toutes les questions n'aient pas trouvé réponse, l'opération de 2016 se termine sur un bilan global positif ; les observations rapprochées rendues possibles par l'installation des échafaudages ont débouché sur des informations nouvelles, tandis que plusieurs points ont pu être affinés, notamment par des mesures plus précises que celles à disposition jusqu'ici.

De nombreuses précisions ont été apportées, notamment en ce qui concerne les techniques de construction et les conditions à prendre en compte pour une restitution plus fiable. Par ailleurs, les résultats inédits des analyses archéomagnétiques relancent de manière inattendue la problématique de la chronologie.

Les majestueuses piles du monument des Massues s'élèvent progressivement sur des fondations installées dans une série de fosses quadrangulaires creusées à leurs dimensions et alignées à intervalles réguliers. Elles sont constituées d'empilements successifs d'épaulées et d'écoinçons dont le cœur de gneiss et mortier, similaire à celui des fondations, est ordonné en assises horizontales. Chacune des sections de pile représentant une étape de travail est couronnée ou non, selon le jeu des symétries, d'une triple arase de briques assurant à la construction à la fois solidité et esthétique. En outre, les piles sont parées d'un décor de moellons régulièrement assisés présentant une face plane, peut-être taillée dans certains cas.

Lors de l'édification du monument, les travaux en hauteur ont nécessité la présence d'échafaudages ; implantés dans le sol, ils étaient arrimés au monument en construction comme en témoignent plusieurs séries de trous de boulin observées sur les piles 3 et 4.

Les quatre arches qui relient les piles et soutiennent le radier destiné à accueillir les tuyaux de la conduite forcée sont mises en place en alternance : la consolidation de la voûte 1 est un préalable indispensable à l'achèvement de la pile 1, étape précédant elle-même nécessairement l'installation de la voûte 2 et ainsi de suite en autant d'étapes de travail, dont plusieurs ont été identifiées sur le monument.

Les voûtes sont décorées par l'adjonction d'arcs de tête dont le parement soigné est souligné sur l'extrados d'un bandeau alternant briques et moellons taillés qui devait être du plus bel effet. Après leur achèvement, toutes les voûtes sont recouvertes par la masse du radier du rampant dont la pente régulière s'établit autour de 21°. Des tuyaux de plomb qui pouvaient être entre dix et douze y sont alors placés côte à côte. Concernant la mise en œuvre, plusieurs techniques sont attestées. C'est ainsi que le traitement du blocage des fondations, s'il utilise clairement les mêmes matériaux que les élévations – gneiss et mortier de chaux –, montre une densité plus élevée des pierres dont la taille est très hétérogène et la répartition aléatoire.

De notables différences ont été enregistrées dans la réalisation des arases de briques. Les mesures précises ont montré une grande variabilité des dimensions des briques. Ceci semble exclure un travail normalisé, même pour des éléments pouvant être produits "à la chaîne".

En outre, un décalage altimétrique inexplicable de la quatrième arche par rapport à l'alignement sur une pente constante des trois premières a été mis en évidence lors du report sur document coté. Curieusement, il n'avait pas été souligné jusqu'ici.

Le creusement d'un sondage manuel au pied de la pile 1 et les divers affouillements réalisés par l'entreprise Comte³² ont été l'occasion d'observations inédites sur les fondations des piles 1 et 2. Les altitudes sommitales ont été relevées permettant de fixer l'altitude approximative du niveau de marche antique. Ces ouvertures ont par ailleurs facilité le prélèvement d'échantillons de mortier et ont également fourni des informations sur la mise en œuvre des fondations.

32 Pour ce qui est de la réalisation de ces dégagements, il est regrettable que les archéologues n'aient pas été consultés lors de l'établissement du planning. Cela aurait permis d'éviter pertes de temps et malentendus, notamment en ce qui concerne les dimensions des sondages en pied de piles, mais également la mise en place de la séance de relevé par drone.

L'analyse des mortiers de liaison a mis en évidence une différence de recette entre fondation et élévation. Elle a surtout confirmé l'uniformité de la construction des parties hors sol du monument par l'utilisation d'une recette récurrente. Ce constat conforte les conclusions de l'étude des liants architecturaux effectuée en 2012 (Repellin et al. 2013). Il est important puisqu'il permet d'affirmer que le monument n'a pas fait l'objet de restauration antique. Par ailleurs, l'utilisation d'un même mortier pour blocage interne et parement décoratif, de même que l'absence de toute interruption de la maçonnerie entre ces deux composants prouve que le montage d'une épaulée est réalisé en une fois, probablement à l'intérieur d'un coffrage de bois de hauteur correspondante.

L'unité de mortier et le petit nombre de niveaux de travail reconnus à l'intérieur de la maçonnerie lors des observations laissent supposer un travail exécuté rapidement, ceci probablement grâce à la collaboration simultanée de plusieurs équipes d'ouvriers.

Enfin, la confirmation de l'usage du même mortier sur l'ensemble du monument a des implications sur la restitution du monument. Ainsi, les prélèvements de mortier pratiqués sur la face orientale de la pile 4, à l'endroit supposé recevoir l'appui d'une voûte supplémentaire, excluent l'éventualité d'une quelconque modification (moderne ou récente) en ce point. Or, l'espace y est insuffisant pour correspondre à une connexion telle qu'envisagée jusqu'ici. Ces observations, la prise en compte des données altimétriques les plus récentes et le respect de la cohérence avec les vestiges encore en place amènent aujourd'hui à remettre en question l'hypothèse établie par J. Burdy dès 1993. Par là même, de nouvelles questions sont suscitées, car les informations manquent encore pour proposer une version alternative³³ en parfait accord avec les vestiges en place. Pour dérouter qu'il soit, ce constat ne doit pas être perçu négativement ; au contraire, il est stimulant par la mise en lumière de nouvelles perspectives.

Toute construction de l'importance de celle d'un aqueduc pousse très logiquement à l'emploi de techniques visant à la normalisation du travail pour des raisons tenant essentiellement à la réduction des coûts. Les exemples sont nombreux sur l'aqueduc du Gier (Burdy 1996). Ce dernier étant l'ultime construction (?) de ce type à Lyon, peut-être faut-il y voir le résultat d'une longue expérience acquise lors des constructions antérieures de trois aqueducs. Quoi qu'il en soit, sur le monument des Massues les preuves du recours à une telle technique ne sautent pas aux yeux.

Du point de vue du bilan sanitaire du monument, nos observations ont confirmé l'urgence et tout l'intérêt de la présente opération conjointe de restauration/consolidation. La fragilité et l'instabilité des vestiges, tout comme celle des ajouts protecteurs ont été constatées sur l'ensemble de la construction. Toutefois, les importantes dégradations enregistrées, pour regrettables qu'elles soient, ont ici été source d'enseignements pour les archéologues ; elles offrent en effet une vision de l'intérieur de la maçonnerie, vision exclue sur un monument intégralement conservé. Atteignant parfois plus de 1,20 m de profondeur, ces dommages attestent notamment la prolongation des arases de briques dans toute l'épaisseur de la pile et ont en outre autorisé des prélèvements de mortier dans la masse de la maçonnerie concrète.

Le monument des Massues réserve encore un fort potentiel du point de vue des perspectives de recherche ; plusieurs propositions peuvent être avancées. Des vérifications en profondeur sur les massifs de fondations seraient utiles pour prendre des mesures fiables et complètes sur l'ensemble des trois dimensions. Ceci ne concerne plus les fondations des piles étudiées ici ; elles ont été partiellement dégagées mais ont subi trop d'interventions successives pour qu'il soit possible d'en tirer des informations utiles. Il en va différemment pour les fondations de piles situées dans le prolongement est du monument des Massues. Aujourd'hui, ces vestiges, pour autant qu'ils soient conservés, gisent hors d'atteinte sous l'actuelle rue des Aqueducs. Au terme de cette opération, nous insistons sur l'intérêt que leur dégagement pourrait susciter et ne pouvons qu'engager à la plus grande vigilance pour tous futurs travaux dans ce périmètre. Les enjeux sont nombreux et variés : dimensions et rôles des piles influençant directement la morphologie complète du monument originel, variation des mises en œuvre, configuration des niveaux antiques en place, potentielle découverte de mobilier associé, etc. Les informations recueillies fourniraient assurément des éléments utiles à l'ébauche d'une nouvelle hypothèse de restitution.

³³ Version que nous avons pourtant longuement cherchée en compagnie de J. Burdy et H. Bougnol, lors de nos rencontres.

La réalisation d'une nouvelle couverture photographique du monument des Massues après l'achèvement des travaux de restauration et le démontage des échafaudages serait très intéressante à titre de comparaison et bien entendu en tant que document d'archive.

Le problème crucial de la datation n'est pas définitivement résolu au terme de cette opération. Cependant les datations archéomagnétiques ont apporté des compléments très intéressants et inédits. La fourchette privilégiée (23BC – 88AD) reste encore large pour être déterminante. Elle est cependant compatible avec les datations proposées en 2008 (Eschbach 2008) et surtout elle ouvre de nouvelles options. En effet, elle autorise une datation haute, potentiellement augustéenne, à mettre en relation avec les arguments développés par A. Desbat concernant la datation de l'aqueduc du Gier. Datation précoce et altimétrie ayant dans ce cas un lien selon cet auteur, il est intéressant de souligner que nos réflexions sur le crédit à accorder aux hypothèses de restitutions nous ont conduits à reconsidérer les problèmes altimétriques.

Au terme de la présente opération, il existe donc, tant sur le plan altimétrique que celui de la chronologie, une conjonction permettant la mise en équivalence de l'aqueduc de la Brévenne et de celui du Gier. En effet, une altimétrie à réviser à la hausse et une datation augustéenne possible selon les analyses archéomagnétiques pourraient remettre en cause les conclusions de A. Desbat sur la datation de l'aqueduc du Gier (Desbat 2011) et peut-être même la chronologie de l'ensemble des aqueducs lyonnais.

On voit donc tout l'intérêt d'une reprise de l'ensemble des données altimétriques existantes et de l'aspect originel du monument des Massues en collaboration avec un architecte de l'Antiquité.

Plus globalement, les ouvrages d'art des différents aqueducs antiques de Lyon manquent aujourd'hui encore cruellement de relevés cotés, autant en élévation qu'en plan. Cela est d'autant plus regrettable que nombre de monuments continuent inexorablement à s'éroder, soumis aux attaques incessantes et conjuguées de la pollution, de l'érosion naturelle et d'un urbanisme glouton, alors qu'il existe aujourd'hui des possibilités presque illimitées grâce à la conjugaison des techniques numériques et des relevés par drones. Toutes les mesures précises et observations fiables qui pourraient être engrangées lors de telles opérations permettraient à la fois de lever le doute sur nombre de théories incertaines et surtout d'en proposer d'autres. A n'en pas douter, elles enrichiraient des problématiques intéressantes et chargées d'enjeux tant du point de vue de l'évolution des techniques de construction que de celui d'une restitution satisfaisant aussi bien les spécialistes, les données physiques existantes que les vestiges encore en place.

Cette opération a été l'occasion de collaborer une fois encore avec MM Burdy et Bougnol dont l'immense connaissance des aqueducs lyonnais n'a d'autres équivalents que leur disponibilité et leur sincère plaisir du partage. Cela fut le cas également avec H. Savay-Guerraz, toujours prêt à se déplacer pour nous éclairer de ses lumières. Qu'ils soient ici remerciés de même que tous mes collaborateurs archéologues ou employés de l'entreprise Comte avec qui nous avons toujours trouvé des solutions à nos problèmes respectifs !

Autant par les techniques mises en œuvre que par la qualité de sa construction ou par son témoignage historique et didactique rare, ce majestueux ouvrage d'art de l'aqueduc romain de la Brévenne mérite amplement tous les soins indispensables présents et futurs à sa préservation, d'autant plus qu'il n'a pas encore livré tous ses secrets.

6. Bibliographie

Frontin : de aquis Urbis Romae

Vitruve : de Architectura, VIII, 7.

Pline l'Ancien : Histoire Naturelle, Livre XXXI - Histoire Naturelle, Livre XXXVI

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

Burdy 1993 : BURDY (J.) - *III LYON: L'aqueduc romain de la Brévenne*. Pré-inventaire des Monuments et Richesses Artistiques. Lyon 1993.

Burdy 1999 : BURDY (J.) - *Guide des Aqueducs Romains de Lyon*. Lyon 1999.

Burdy 2002a : BURDY (J.) - *Les aqueducs romains de Lyon*. Lyon 2002.

Burdy 2002b : BURDY (J.) - Lyon : la standardisation dans la construction de l'aqueduc du Gier. *In binos actus lumina, Rivista di studi e ricerche sull'idraulica e la storia della tecnica*, Ravenna 1999, Anno I / 2002, Agora edizioni, p. 191-200.

Burdy 2006 : BURDY (J.) – « Les aqueducs romains à Tassin-la-demi-Lune. Le pont des Planches et les Massues », Actes des Journées d'études 2006, XXII, Tassin-la-demi-Lune 2006.

Burdy 2008 : BURDY (J.) - *Les aqueducs romains de Lyon*. Lyon 2008.

David 1979 : DAVID (L) – *Carte géologique de la France à 1 /50 000, Lyon XXX-31*. Marseille 1979.

Desbat 2011 : DESBAT (A.) – « La datation de l'aqueduc du Gier, à Lyon : état d'une question controversée », *RAE*, 60-2011, p. 173-187.

Eschbach 2008 : ESCHBACH (F.) – *Dardilly, chemin des Cuers – « Le Tronchon »*, rapport d'opération d'archéologie préventive, Archeodunum 2008.

Eschbach 2009 : ESCHBACH (F.) – *Chaponost, route des Pins – « Le Plat de l'Air »*, rapport d'opération d'archéologie préventive, Archeodunum 2009.

Eschbach 2012 : ESCHBACH (F.) – « Nouvelles observations sur les techniques de construction de l'aqueduc romain du Gier » in *RAE* 61, pp. 133-158, 2012.

Fabre et alii 1991 : G. FABRE (G.), FICHES (J.-L.), PAILLET (J.-L.) - *L'aqueduc de Nîmes et le pont du Gard*. Conseil Général du Gard 1991.

Gebara, Michel 2002 : GEBARA (C.), MICHEL (J.-M.) dir. – « L'aqueduc romain de Fréjus. Sa description, son histoire et son environnement », in *RAN* supplément 33, Montpellier 2002.

Gerboud : GERBOUD (D.) - *Les Aqueducs Gallo-Romains de Lyon Antique, Lugdunum*. http://www.lugdunum.com/index.php?fd=3_2_4&lid=FR

Germain de Montauzan 1909 : GERMAIN DE MONTAUZAN (C.) - *Les aqueducs antiques de Lyon*. Etude comparée d'archéologie romaine, Paris 1909.

Hervé 2013 : HERVÉ (G.), CHAUVIN (A.), LANOS (PH.) - *Geomagnetic field variations in Western Europe from 1500 BC to 200 AD*, Part I: Directional secular variation curve. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*.

Jeancolas 1986 : JEANCOLAS (L.) – « Les aqueducs antiques de Lyon » *Revue Archéologique Sites*, hors-série 30.

Kirschvink 1980 : KIRSCHVINK (J.) – « The least-squares line and plane and the analysis of paleomagnetic data » in *Geophysical Journal International* 62(3), 1980, pp. 699 – 718.

Lanos 1987 : LANOS (PH.) – « The effects of demagnetizing fields on thermoremanent magnetization acquired by parallel-sided baked clay blocks » in *Geophysical Journal International*, 91(3), 1987, pp. 985-1012.

Lanos 1990 : LANOS (PH.) – « La datation archéomagnétique des matériaux de construction d'argile cuite. Apports chronologiques et technologiques », in *Gallia* 47, 1990, pp. 321-341.

Lanos 2015 et alii : LANOS (PH.), PHILIPPE (A.), LANOS (H.), DUFRESNE (PH.) – « Chronomodel : Chronological Modelling of Archaeological Data using Bayesian Statistics. (Version 1.5) », téléchargeable sur [hMp://www.chronomodel.fr](http://www.chronomodel.fr).

Leveau 2005 : LEVEAU (P.) - *Les aqueducs romains*. Encyclopaedia Universalis 2005.

Litaudon 2002 : LITAUDON (J.-C.) - *Aqua Lugdunensis : L'aqueduc romain du Gier*. <http://persocite.francite.com/gieraqueduc/> ou http://traianus.rediris.es/textos/gier_fr.htm, 2002.

Malissard 2002 : MALISSARD (A.) - *Les Romains et l'eau*. Paris 2002.

McFadden, Reid 1982 : McFADDEN (PH.), REID (A. B.) – « Analysis of palaeomagnetic inclination data », in *Geophysical Journal International* 69, 1982, pp. 307-319.

Noel, Batt 1990 : NOEL (M.), BATT (C. M.) – « A method for correcting geographically separated remanence directions for the purpose of archaeomagnetic dating », in *Geophysical Journal International* 102, 1990, pp. 753-756.

Outhier 2003/2006 : OUTHIER (R.) - *Les Aqueducs romains de Lyon*. <http://archeolyon.araire.org>

Repellin 2008 : REPELLIN (D.) - *Aqueduc du Plat de l'Air. Travaux de gros entretien*. Etude préalable, Monuments Historiques. Lyon 2008.

Repellin et al 2013 : REPELLIN (D.), VOLAY (L.), JACQUEMIN (C.) – *Aqueduc de la Brévenne, Restauration du réservoir de fuite du pont-siphon de la Brévenne à Tassin-La-Demi-Lune*, Etude préalable, Lyon 2013

Savay-Guerraz 2007 : SAVAY-GUERRAZ (H.) – « Les pierres de Lugdunum », in A.-C. le Mer et C. Chomer, *Carte archéologique de la Gaule, Lyon, 69/2*, 2007, p. 192-197

Savay-Guerraz 2015 : SAVAY-GUERRAZ (H.) – « Fantaisies sur les parements de l'aqueduc du Gier », in *Abécédaire pour un archéologue Lyonnais - Mélanges offerts à Armand Desbat*, textes réunis par Séverine Lemaître et Cécile Batigne Vallet, 2015, *Archéologie et Histoire Romaine*, 31, p. 317-324

Tauxe 2016 : TAUXE (L.) - *Essentials of Paleomagnetism: Fourth Web Edition, Chap 9*, en ligne à l'adresse : <https://earthref.org/MagIC/books/Tauxe/Essentials/>

SUNCALC : Calcul en ligne à l'adresse <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/grad/solcalc/>.

FIGURES

Liste des figures

Figure 1 : Plan général des vestiges avec tracé de l'aqueduc d'après Burdy 1996, actualisé en 2003 (éch. : 1/200)

Figure 2 : *Les Massues*, eau forte de J. Baron (1820). ADR, fond Léon Galla A

Figure 3 : Vues de moellons de parement de pile

Figure 4 : **a**) vue de la maison bourgeoise adossée au monument (document fourni par J. Burdy, provenance inconnue) ; **b**) travaux de consolidation après démolition des bâtiments adossés au monument, 1989 (document fourni par J. Burdy, provenance inconnue) ; **c**) carte postale (document aimablement fourni par J. Burdy)

Figure 5 : Les Massues, vue d'artiste notée *Grognard*, sans date (document aimablement fourni par J. Burdy, provenance inconnue)

Figure 6 : Vues des fondations de la pile 1, sondage 1, vue vers l'est

Figure 7 : Elévation de la façade sud du monument (éch. : 1/100)

Figure 8 : Elévation de la façade nord du monument (éch. : 1/100)

Figure 9 : Pile 0, face est (éch. : 1/50)

Figure 10 : Pile 1, face ouest, vue du sondage manuel et fondations (éch. : 1/50)

Figure 11 : Pile 1, face est (éch. : 1/50)

Figure 12 : Pile 2, face ouest (éch. : 1/50)

Figure 13 : Pile 2, face est (éch. : 1/50)

Figure 14 : Pile 3, face ouest (éch. : 1/50)

Figure 15 : Pile 3, face est (éch. : 1/50)

Figure 16 : Pile 4, face ouest (éch. : 1/50)

Figure 17 : Pile 4, face est (éch. : 1/50)

Figure 18 : Schéma présentant le découpage du chantier de construction en étapes de travail

Figure 19 : Les Massues, plan et élévation de G. M. Delorme vers 1780, Archives de la ville de Lyon (AML), fonds G. M. Delorme

Figure 20 : Pile 4, face sud, détail de l'accrochage du parement dans la masse

Figure 21 : Pile 0, vue vers l'ouest

Figure 22 : Pile 1, face ouest

Figure 23 : Pile 2, face est détail : transformations relatives à l'aménagement d'un habitat

Figure 24 : Pile 3, face est détail : le beau parement conservé

Figure 25 : Pile 2, face sud, le blocage mis à nu

Figure 26 : Pile 4, face ouest : vue du blocage interne de part et d'autre de l'arase de briques 2

Figure 27 : Pile 4, angle sud-est, chaînage d'angle en moellons calcaires

Figure 28 : Les lourdes restaurations de la pile 3

Figure 29 : Hypothèse de restitution du réservoir de fuite et des premières piles du canal à l'est. Basée sur le schéma de J. Burdy (Burdy 2006, fig. 24) réactualisée pour l'occasion

Figure 30 : Pile 2 face est, irrégularités dans la découpe et la disposition des briques) Arase 3 ; **b**) Arase 2

Figure 31 : Pile 3 face est, irrégularités dans les dimensions et la disposition des briques des arases ;
a) différences d'épaisseur ; **b)** largeur des joints

Figure 32 : **a)** Trou de boulin 2, 4^e arase pile 3, face est ; **b)** Trou de boulin 2, 3^e arase pile 4, face est

Figure 33 : **a)** Trou de boulin 1, 4^e arase pile 4, face est ; **b)** Trou de boulin 3, 4^e arase pile 4, face est

Figure 34 : **a)** Arche 3, départ de voûte sur l'arase de briques ; **b)** Arche 4, interface pile/voûte signalée par un changement de traitement

Figure 35 : Voûte 4, vue du « parement » de la voûte

Figure 36 : Pile 4, face ouest : interface pile/voûte ; comparaison des traitements de surface

Figure 37 : Voûte 1, « parement » et blocage interne, vue vers l'est

Figure 38 : Arc 1 au départ de la pile 1, face nord. Comparaison des maçonneries internes pile/voûte

Figure 39 : Arc 4 face nord, les éléments de gneiss

Figure 40 : **a)** Arc 2 nord, inclusions de fragments de briques ; **b)** Arc 3 nord, inclusions de fragments de briques

Figure 41 : **a)** Arc 4 face nord, décor de calcaire de l'arc de tête et cordon sur l'extrados ;
b) Pile 4, angle nord-ouest, les deux types d'éléments de l'arc de tête : en arrière, les gneiss très allongés et en avant les calcaires (du parement) beaucoup moins profonds

Figure 42 : Arc 4 face nord, pénétration et accroche du décor de l'arc de tête voussoirs de gneiss et le décor en moellons calcaires

Figure 43 : Installation d'un escalier et d'une rambarde sur le dos du rampant des Massues.
Document aimablement fourni par J. Burdy, sans date, provenance inconnue

Figure 44 : Installation d'un observatoire au sommet du monument des Massues (Burdy 2006, fig. 22), noté Mas Peillon 1860, collection particulière

Figure 45 : Différentes vues du blocage interne du radier de rampant, en direction de l'est

Figure 46 : Carottage pour l'extraction des prélèvements de briques dans le cadre de l'analyse archéomagnétique

Figure 47 : **a)** Carottage pour l'extraction des prélèvements de briques ; **b)** Prélèvements après extraction

Figure 48 : **a)** Pile 4 vue vers le sud-ouest ; **b)** Pile 4 face est

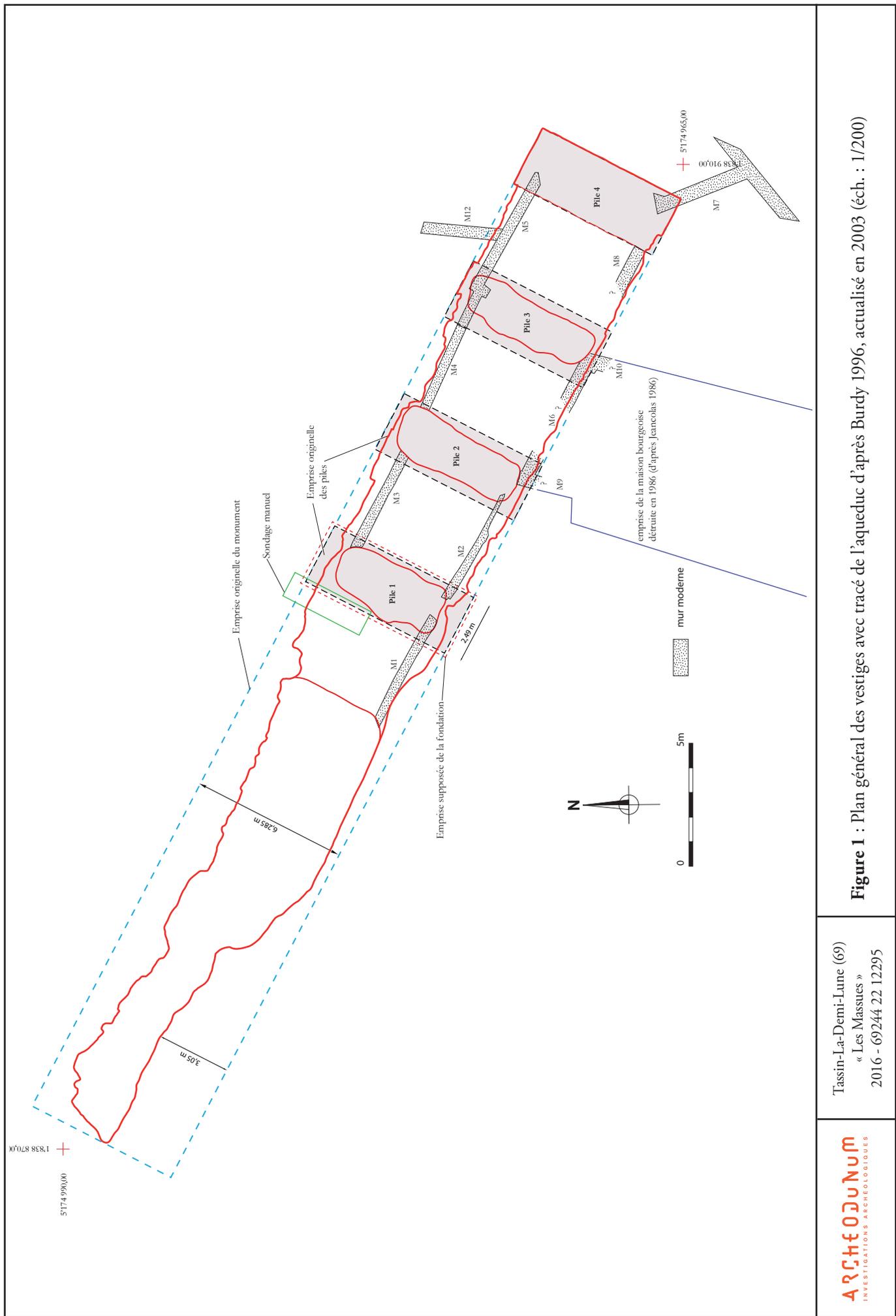
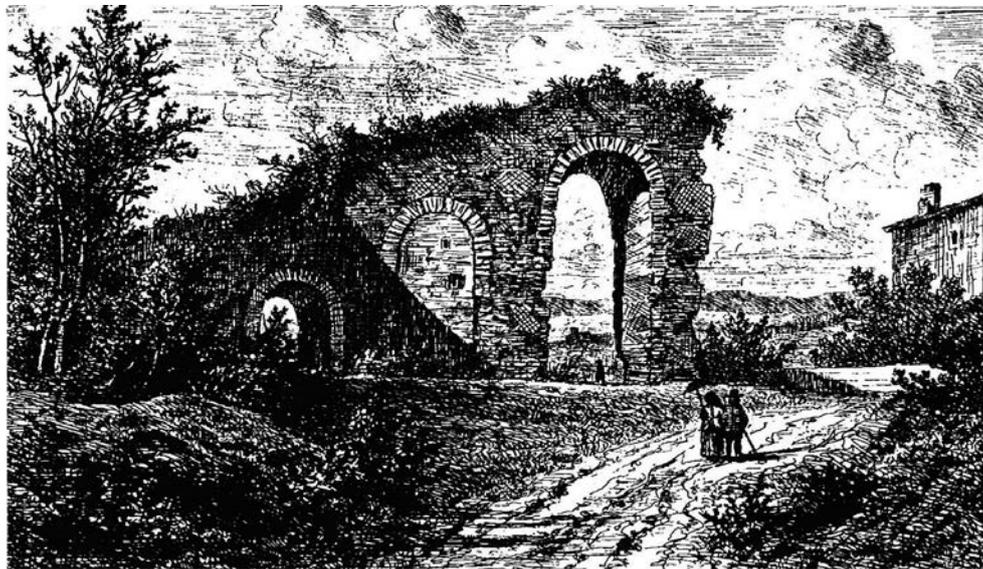


Figure 1 : Plan général des vestiges avec tracé de l'aqueduc d'après Burdy 1996, actualisé en 2003 (éch. : 1/200)

Tassin-La-Demi-Lune (69)
« Les Masstues »
2016 - 69244 22 12295







a)



b)



a)



b)



c)





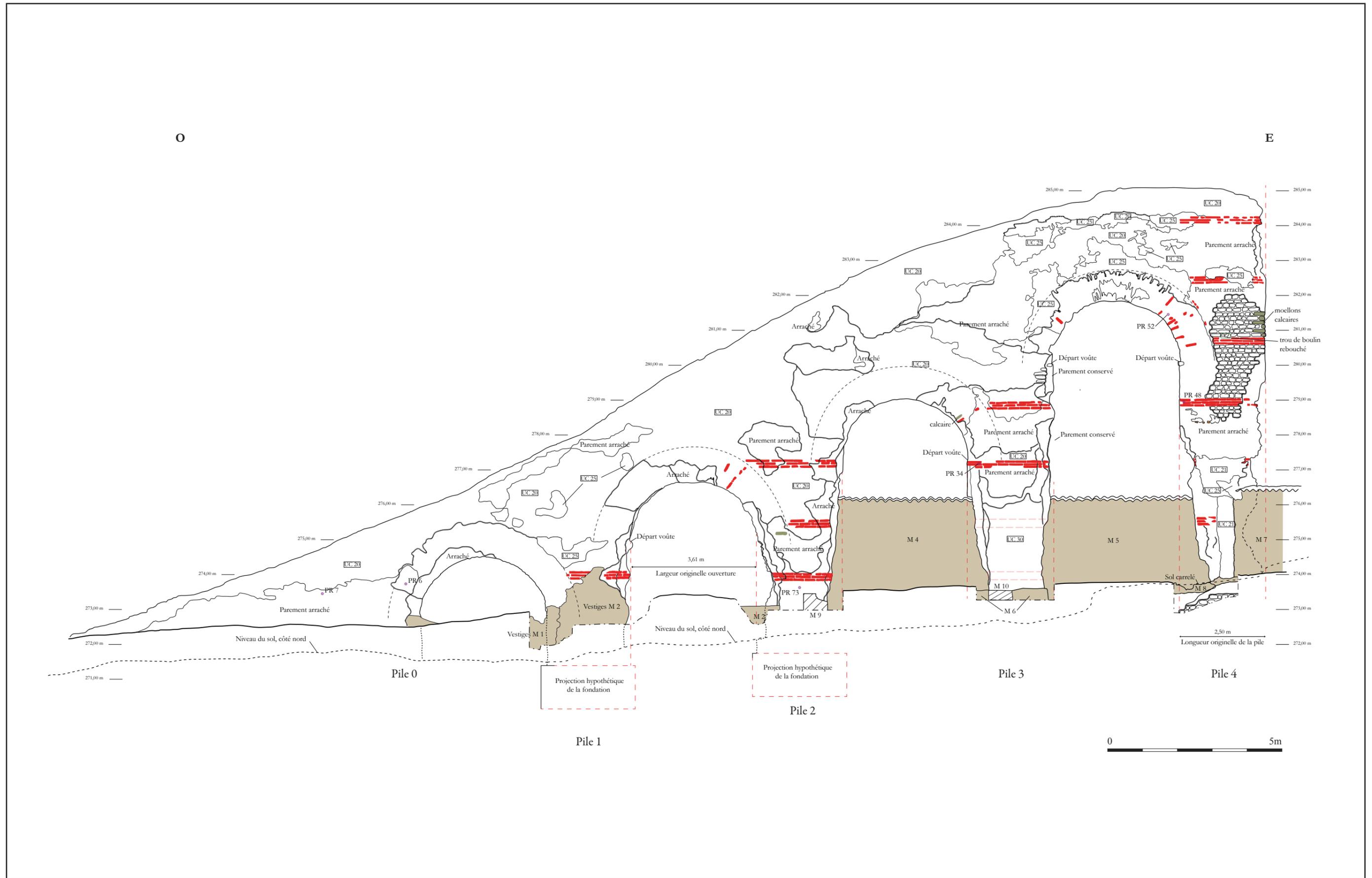
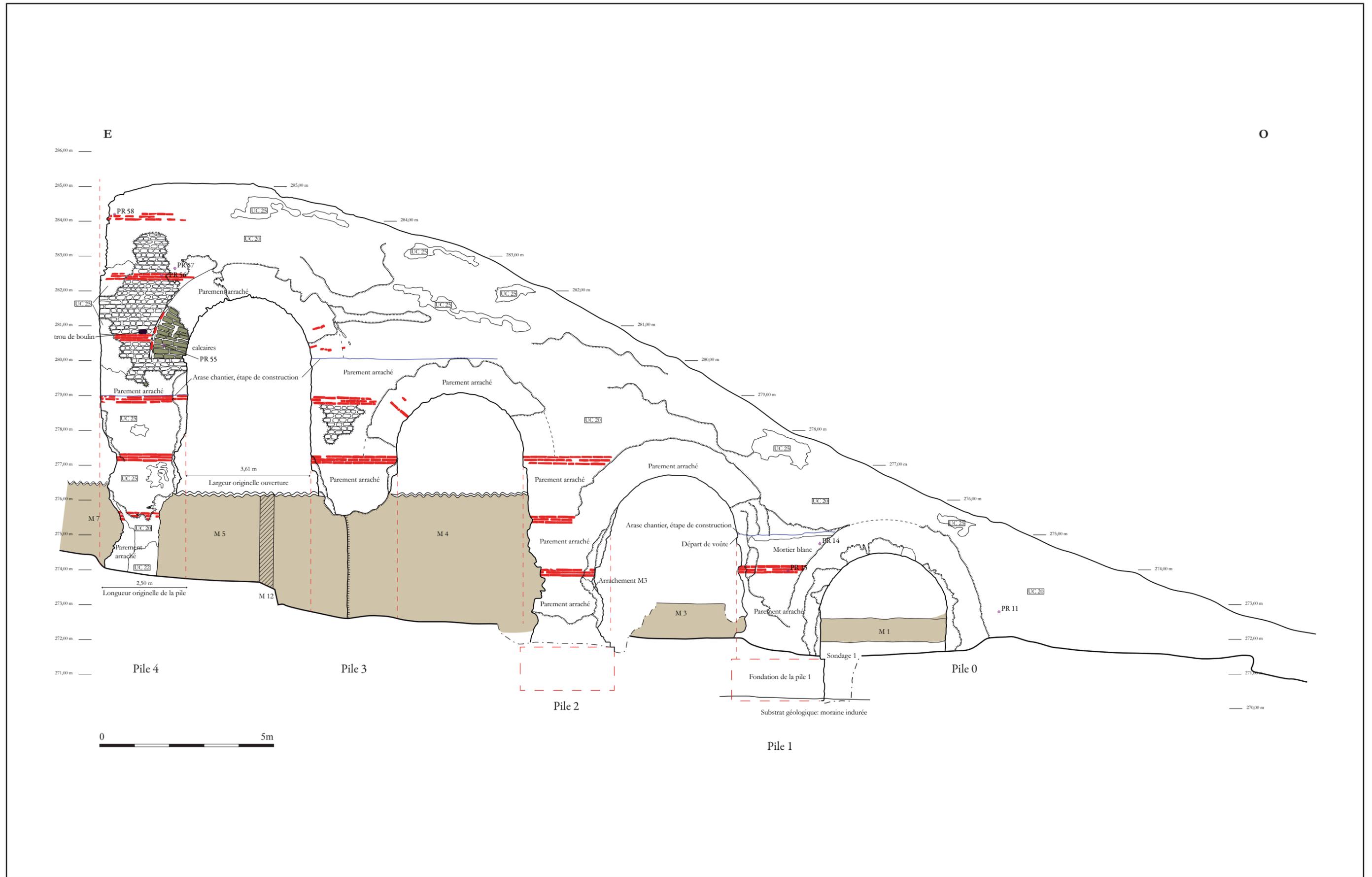
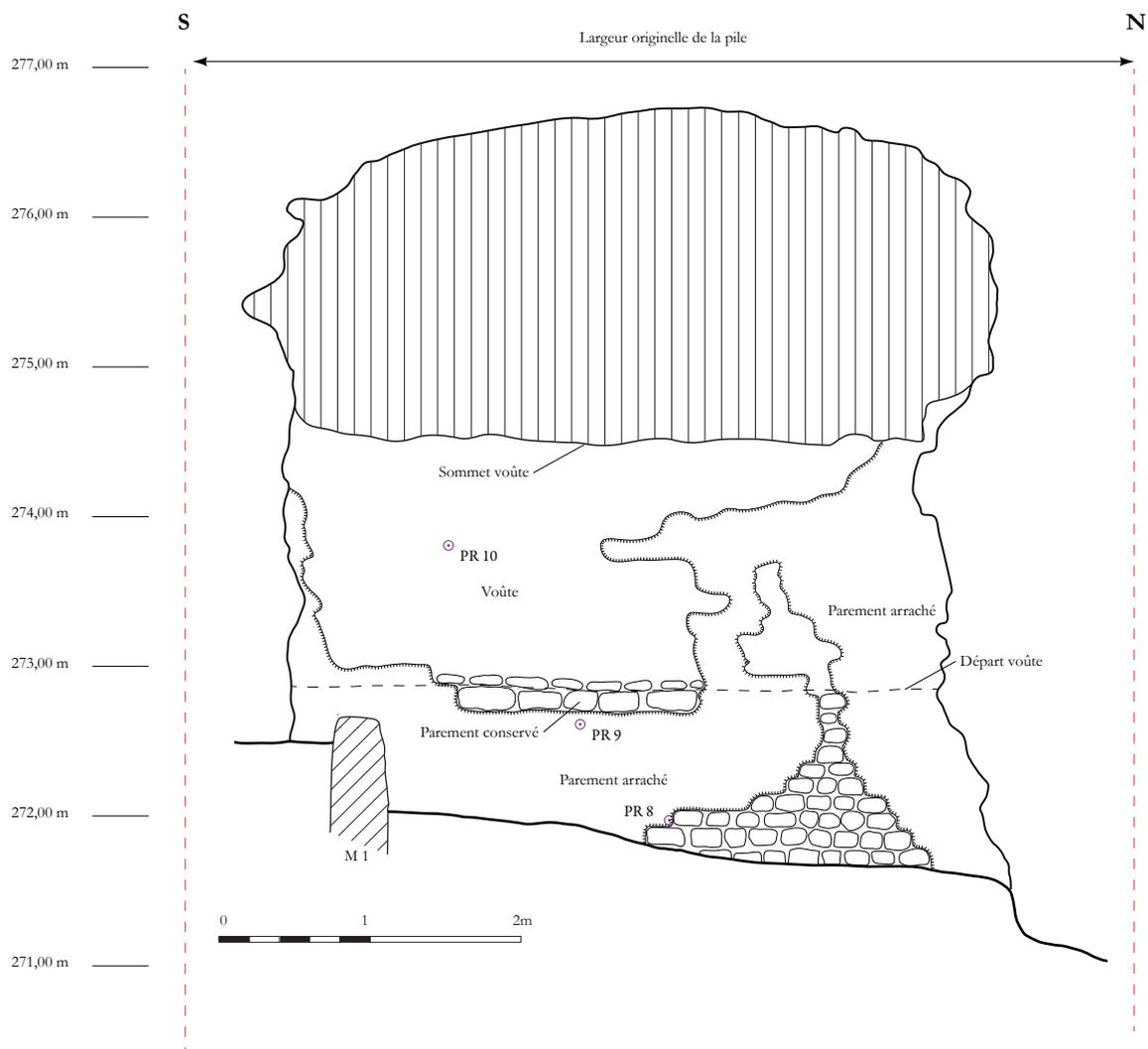
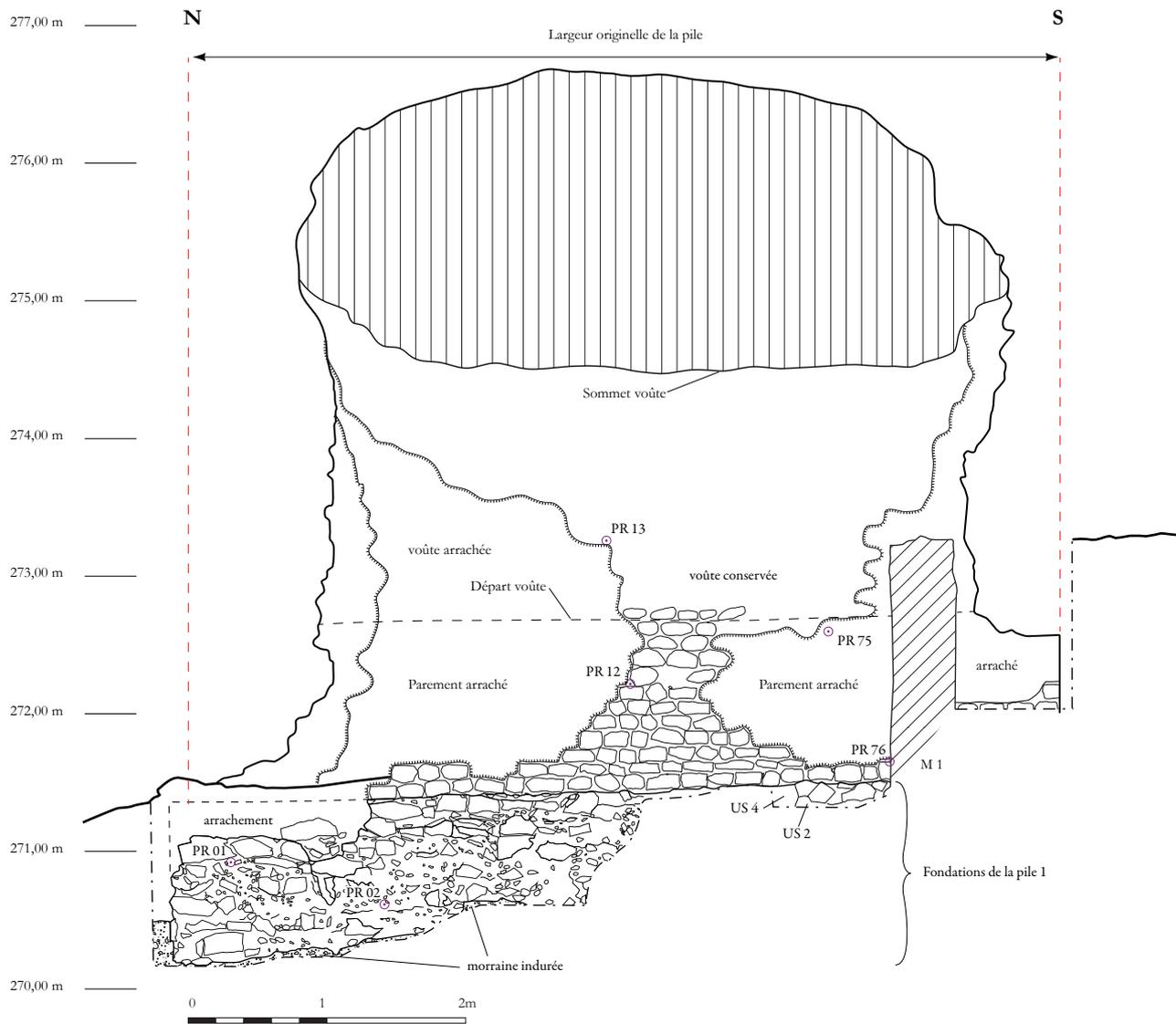
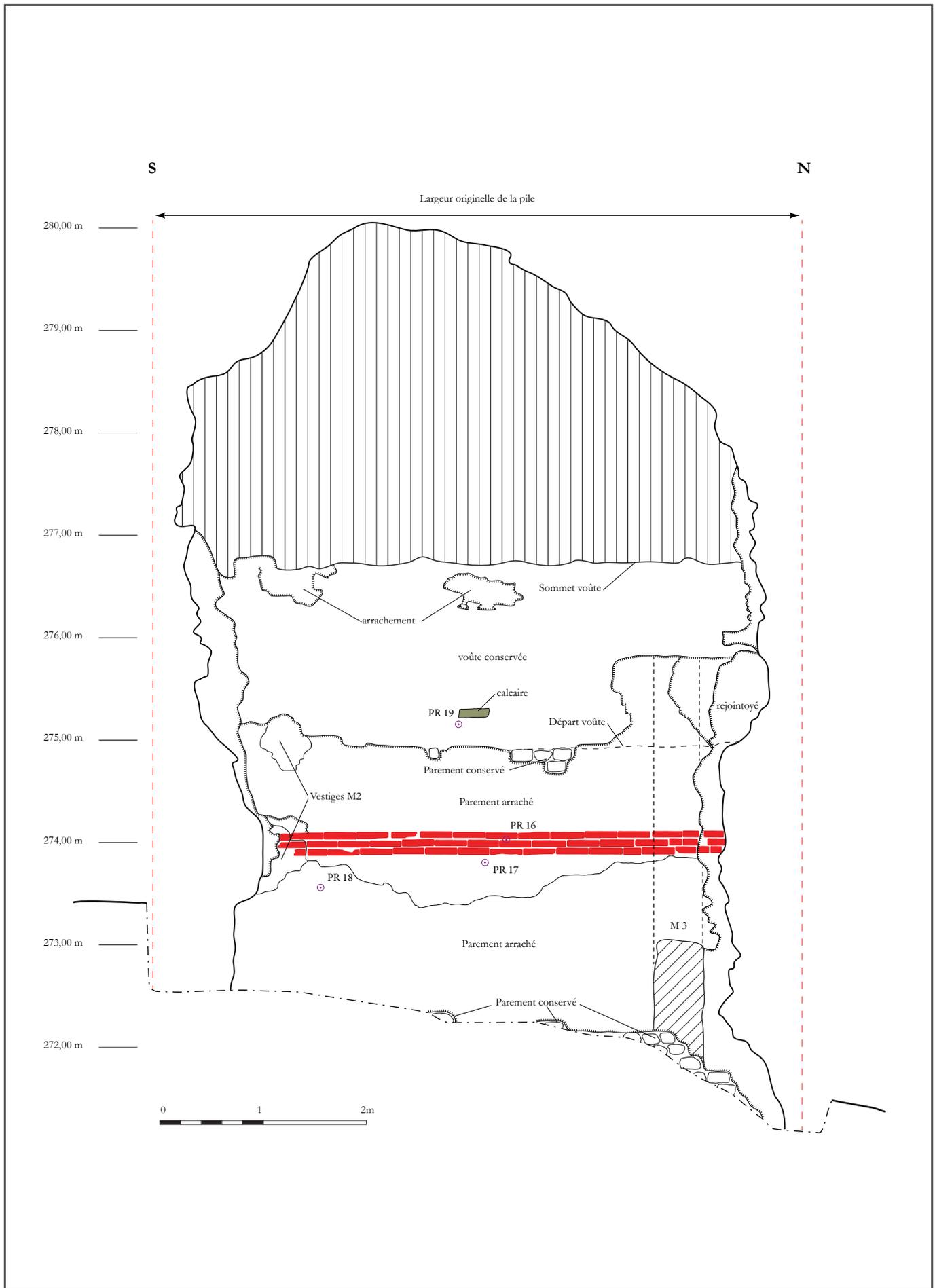


Figure 7 : Elévation de la façade sud du monument (éch. : 1/100)









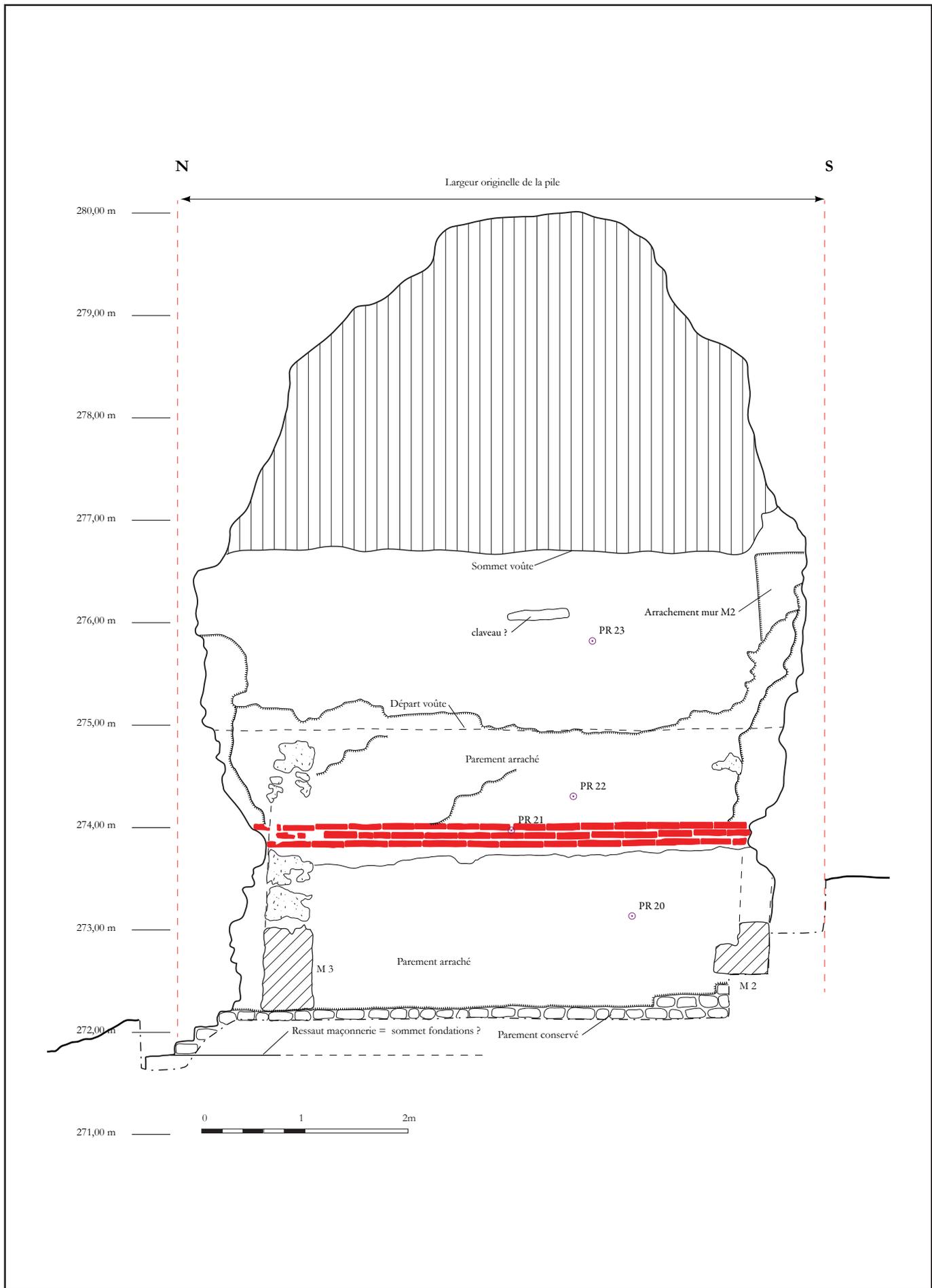
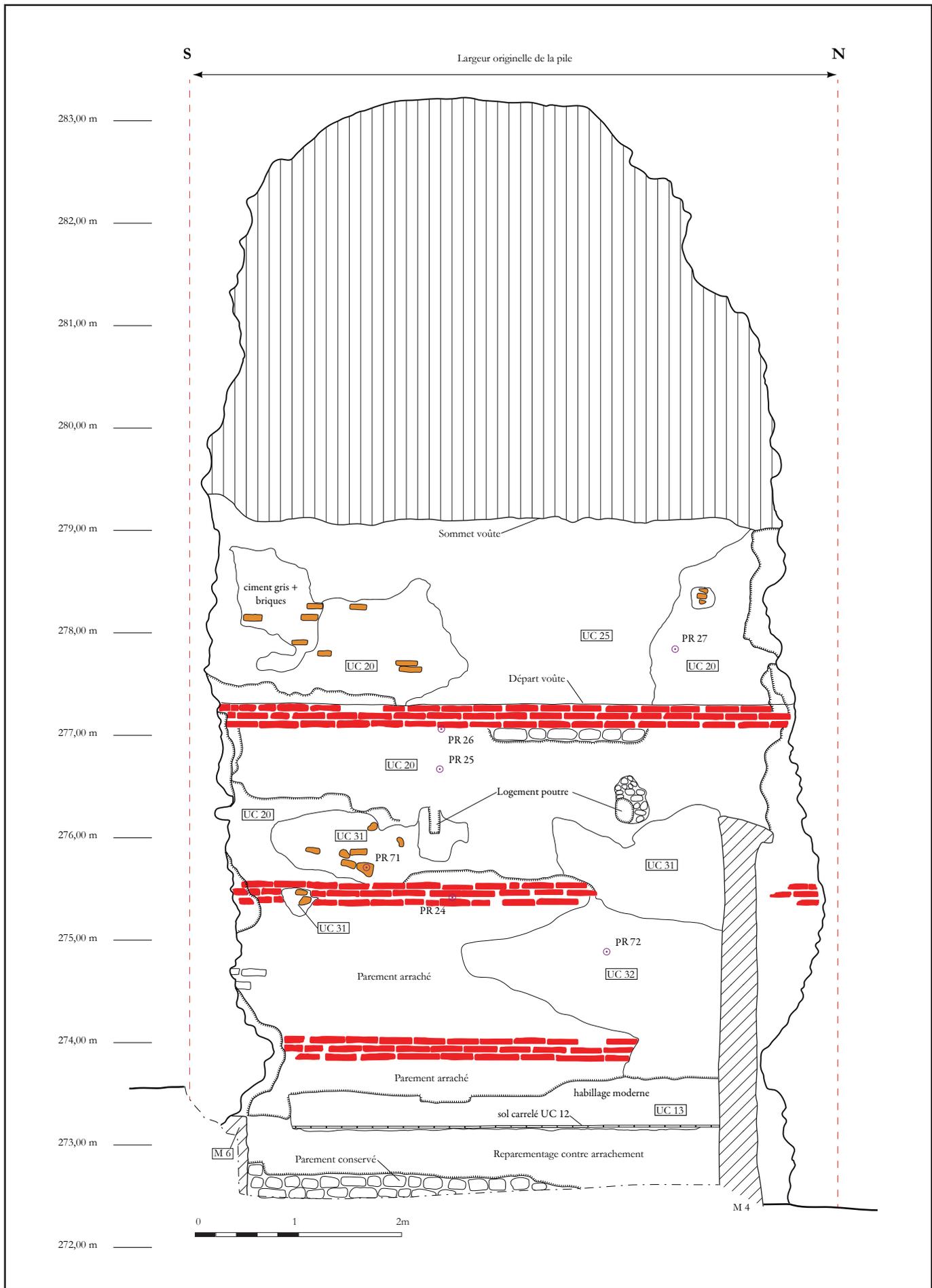
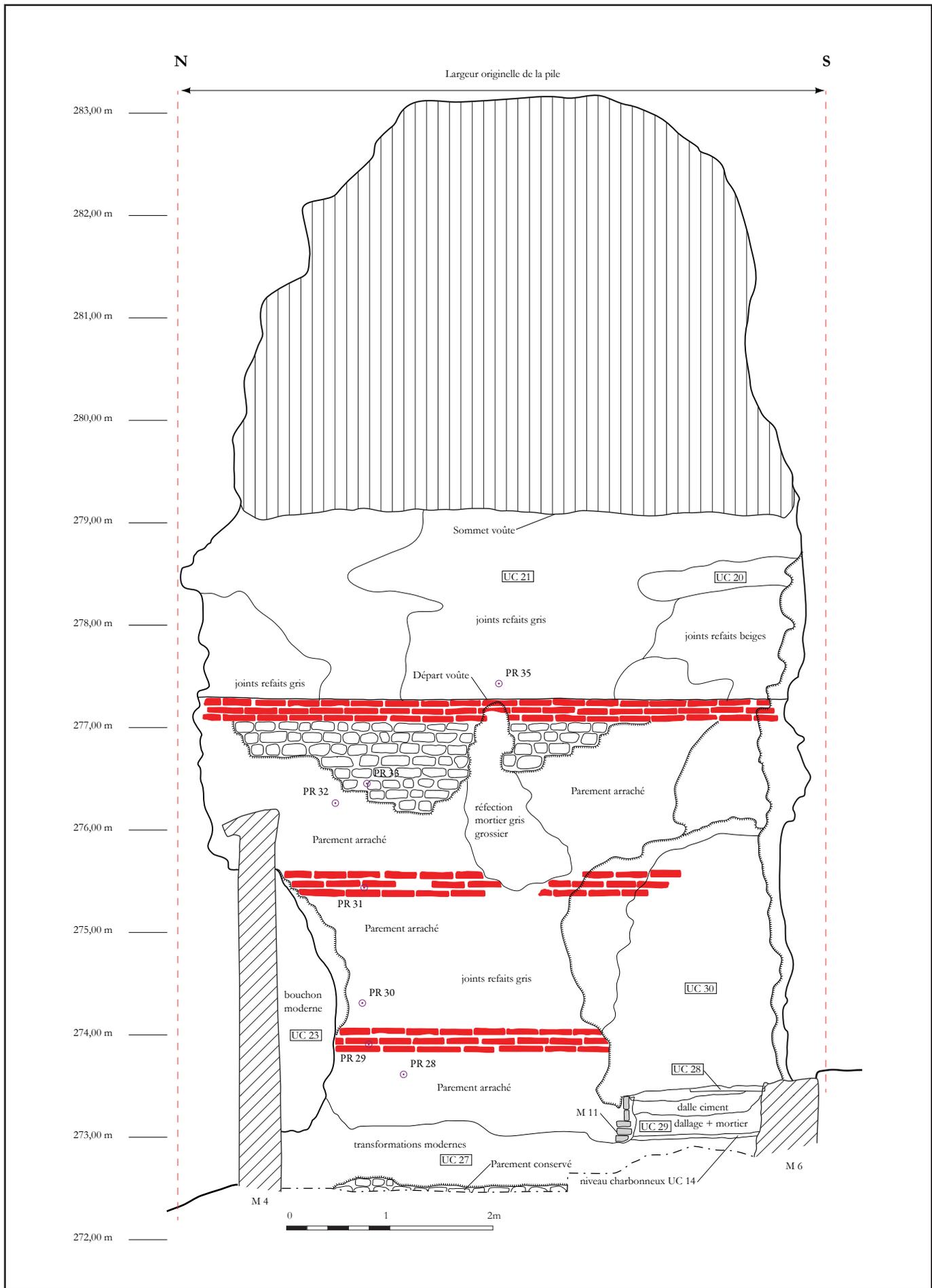


Figure 12 : Pile 2, face ouest (éch. : 1/50)





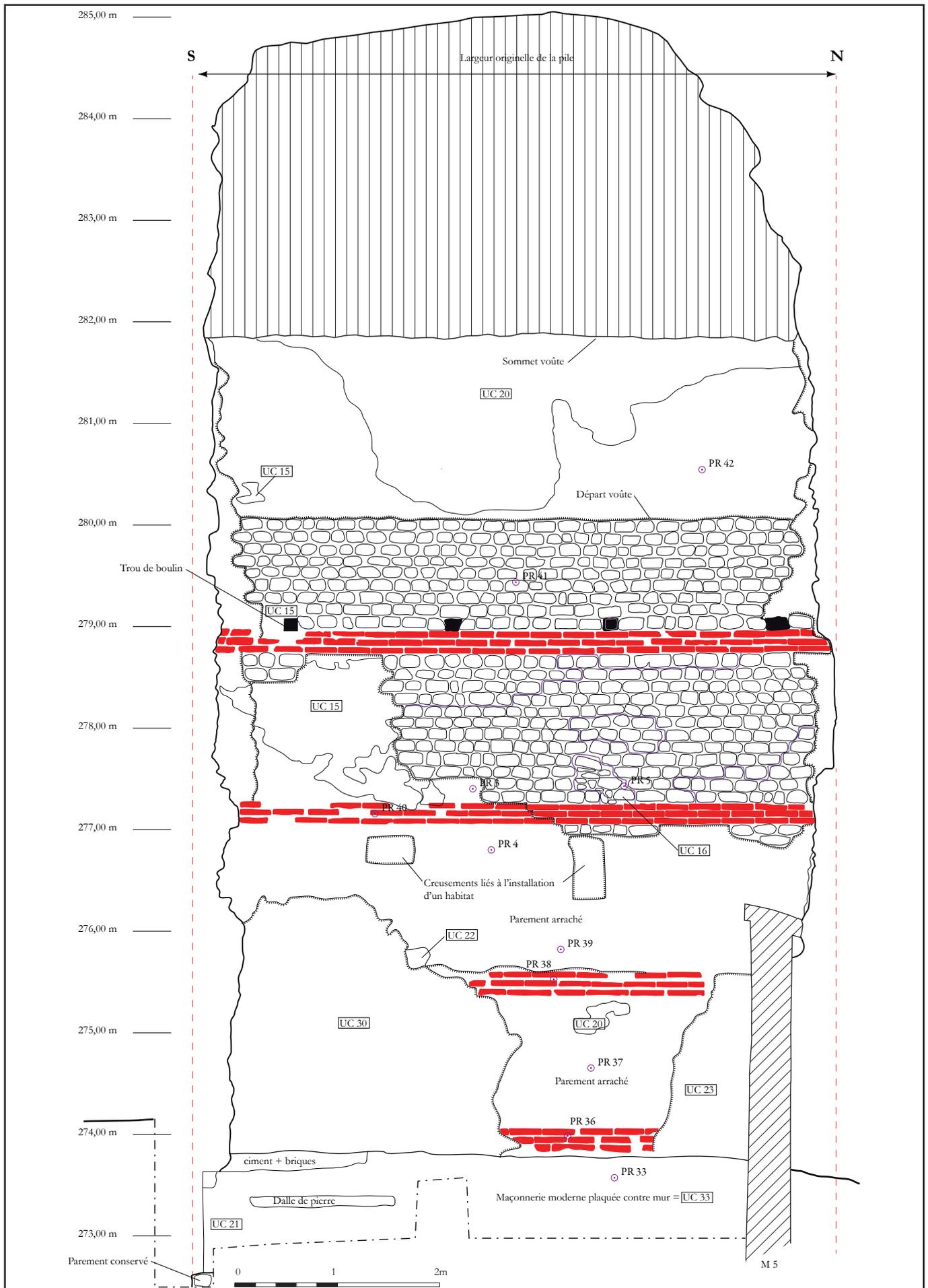
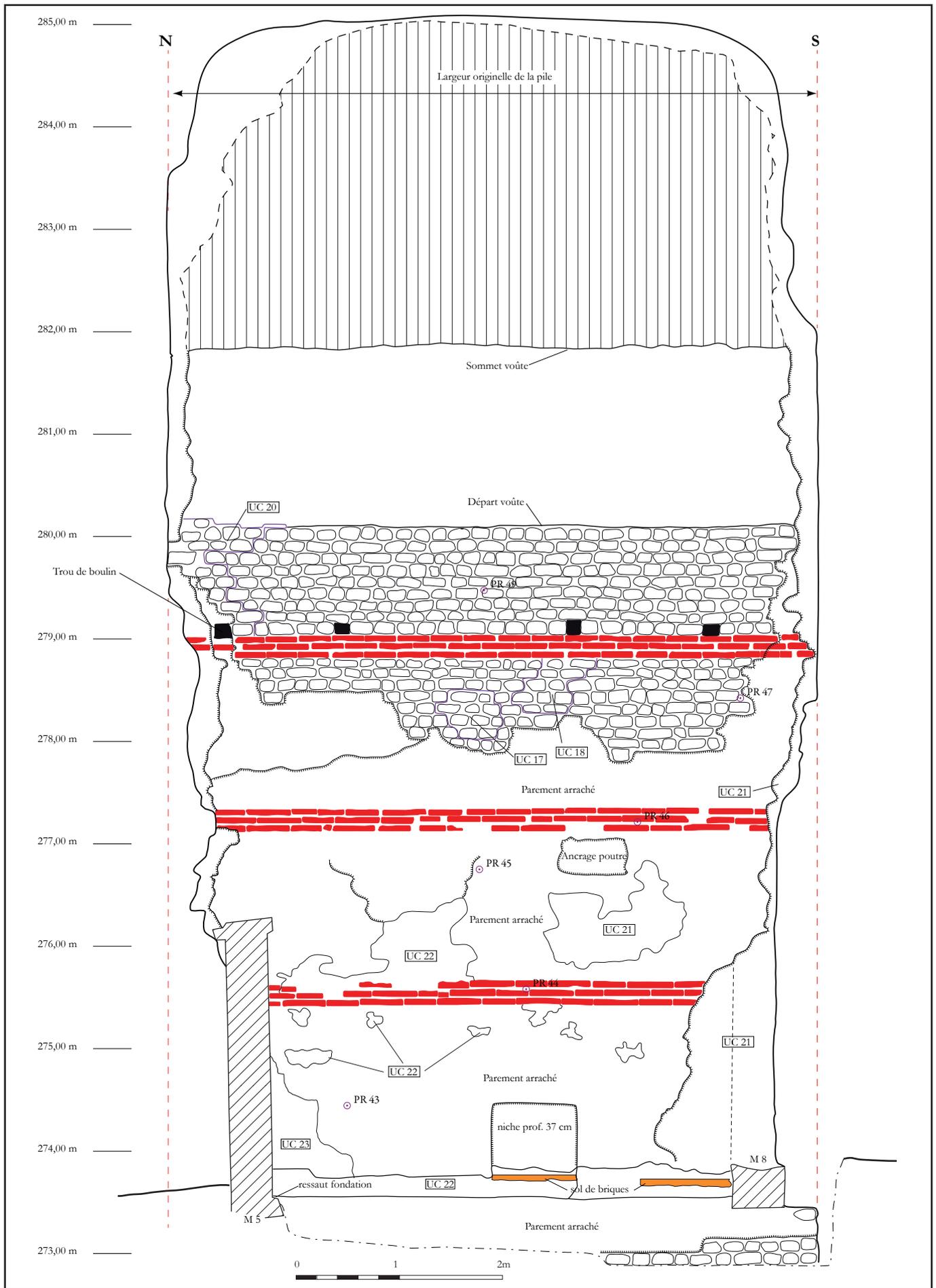
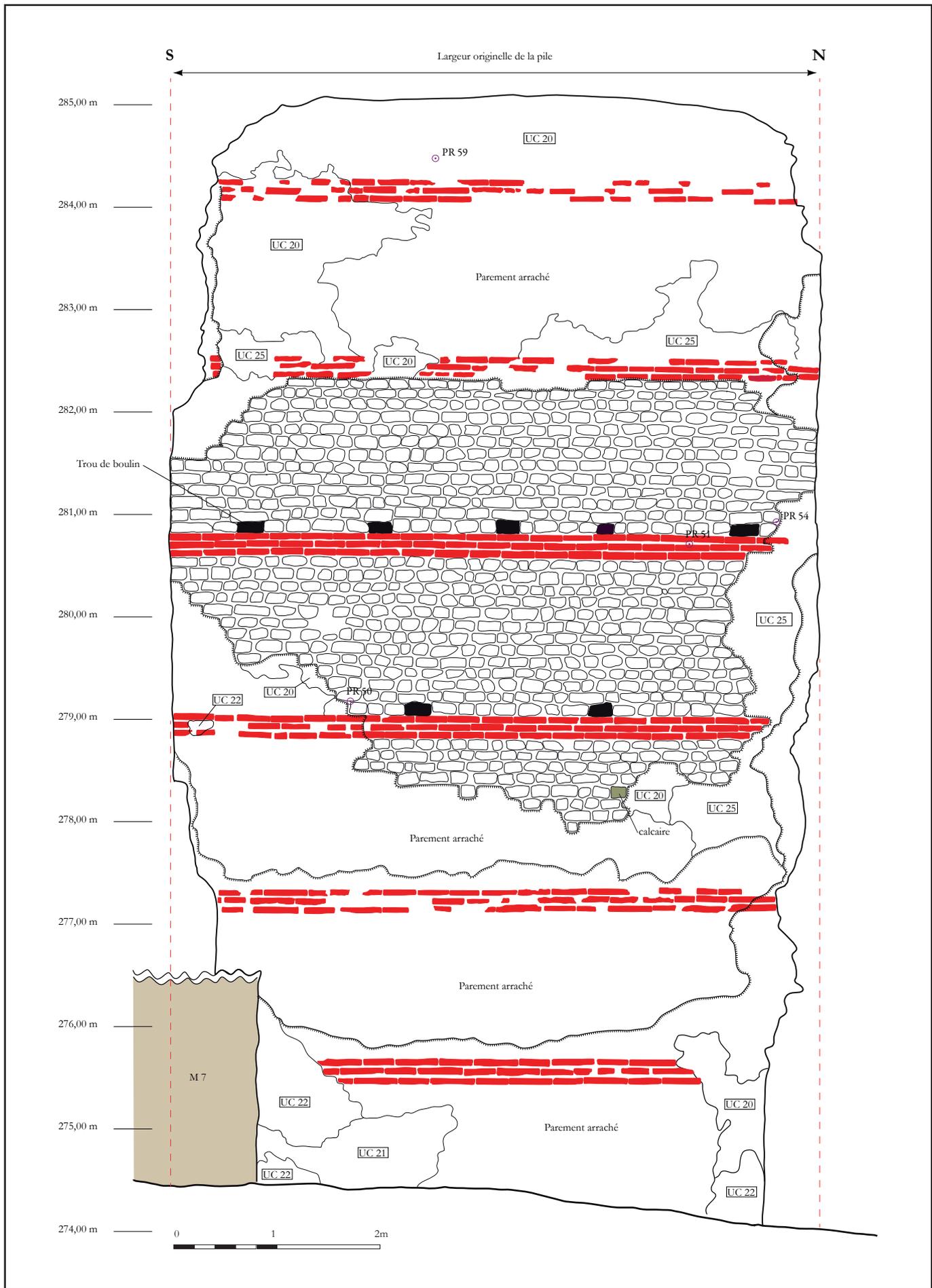
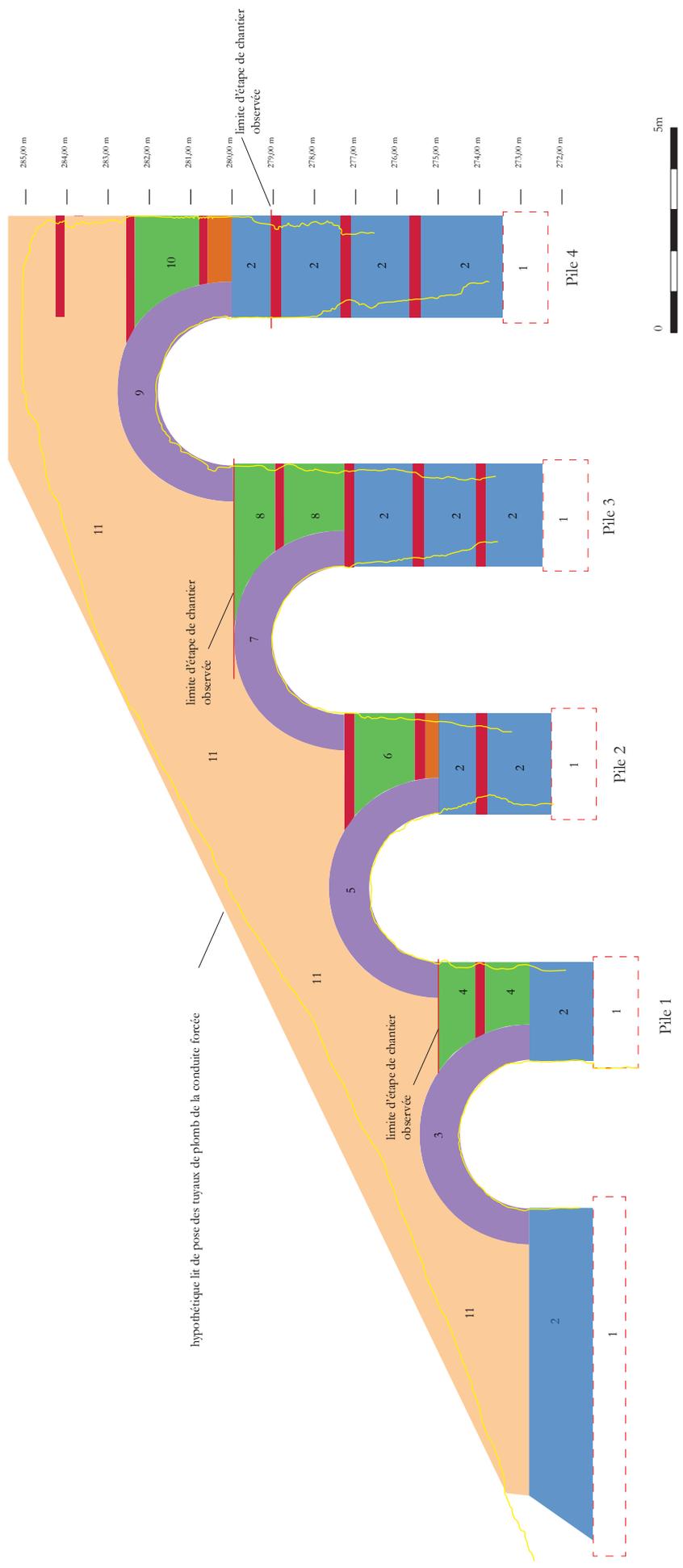


Figure 15 : Pile 3, face est (éch. : 1/50)

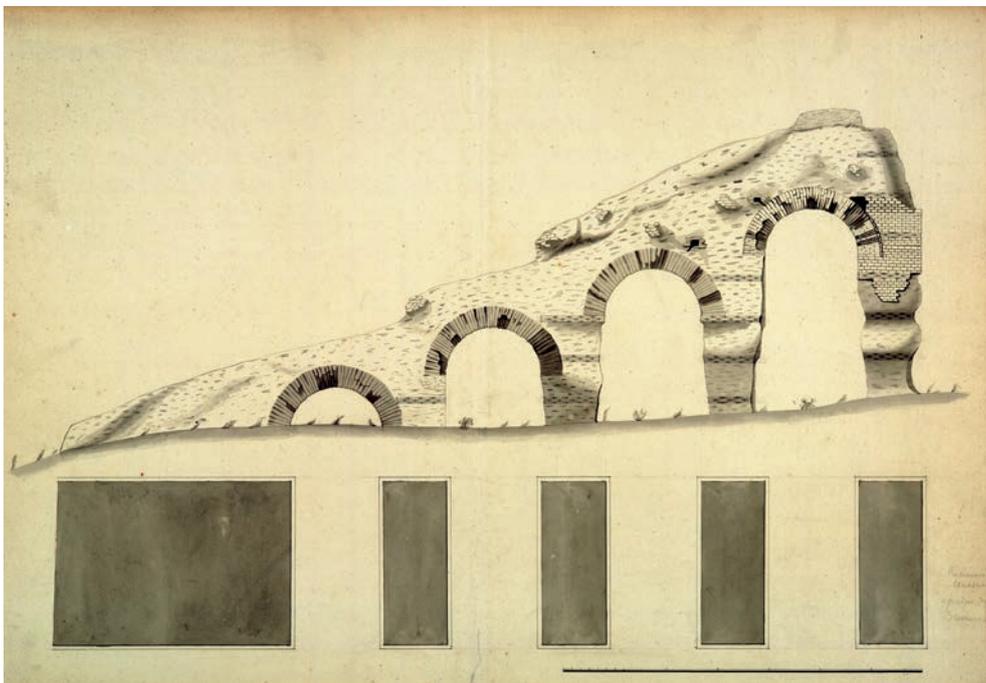






Tassin-La-Demi-Lune (69)
 « Les Massues »
 2016 - 69244 22 12295

Figure 18 : Schéma présentant le découpage du chantier de construction en étapes de travail











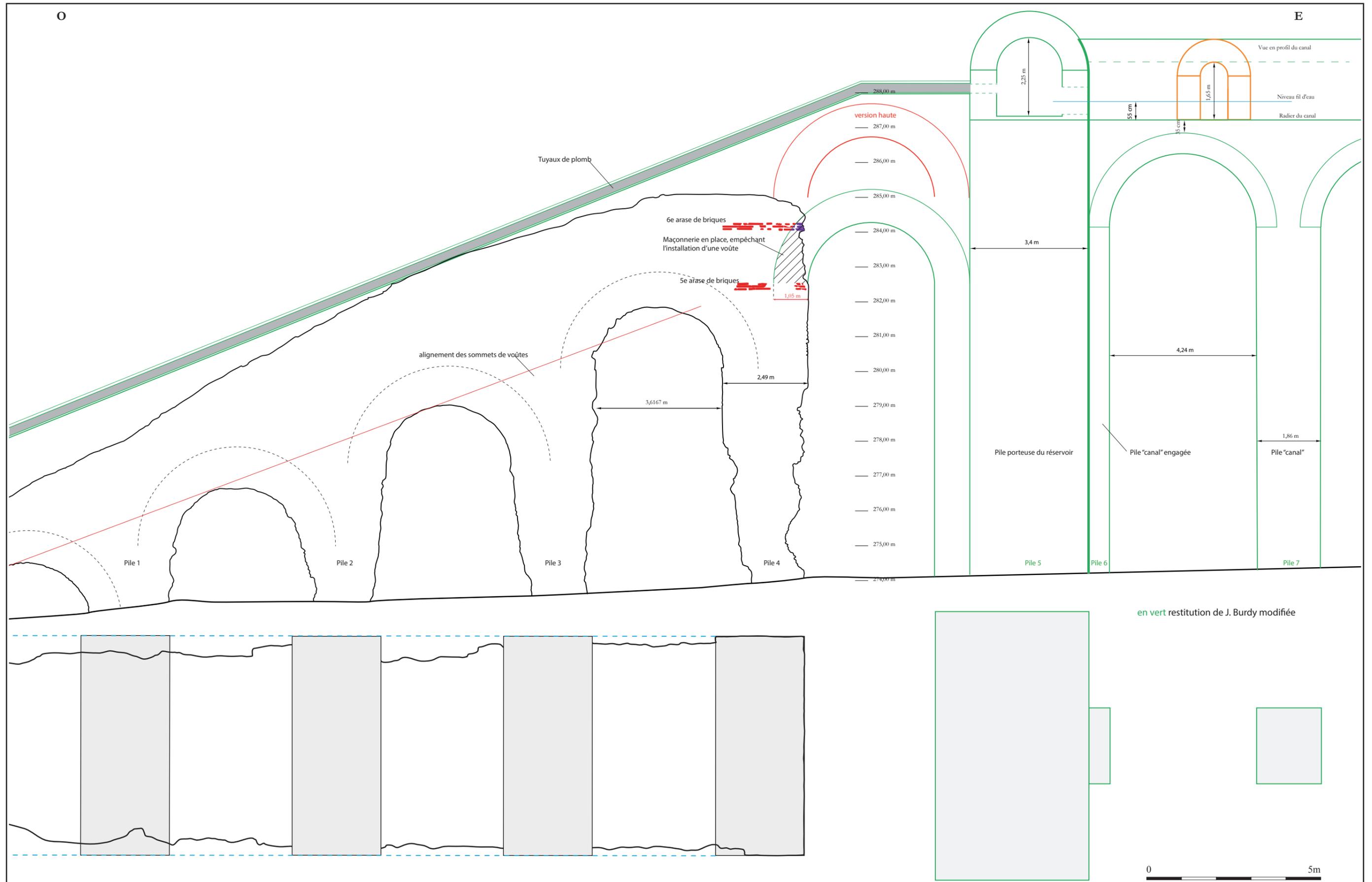














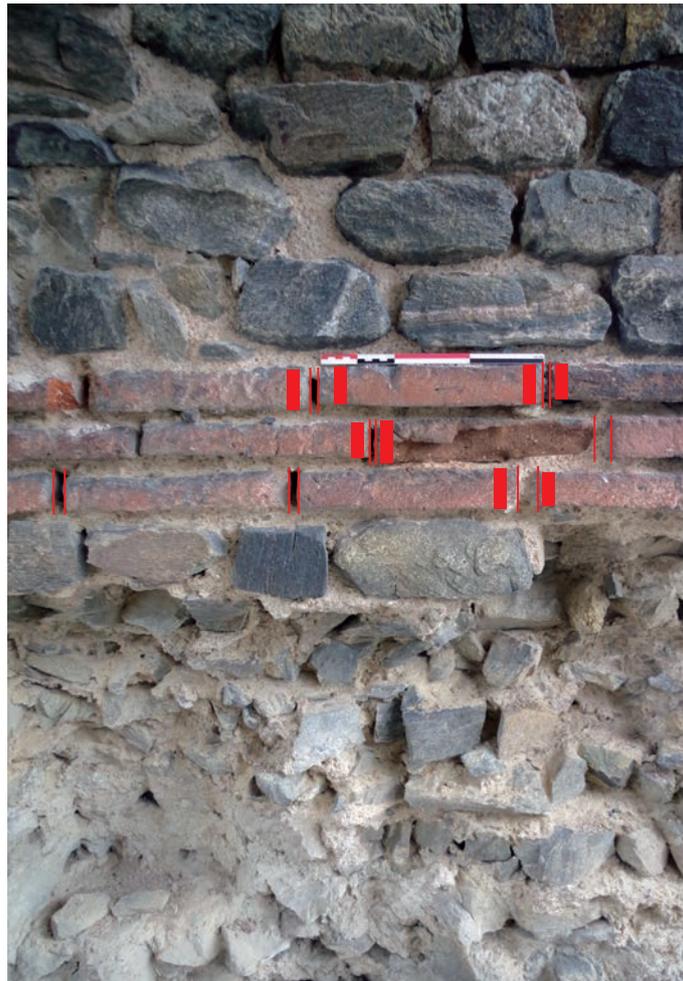
a)



b)



a)



b)



a)



b)



a)



b)



a)



b)

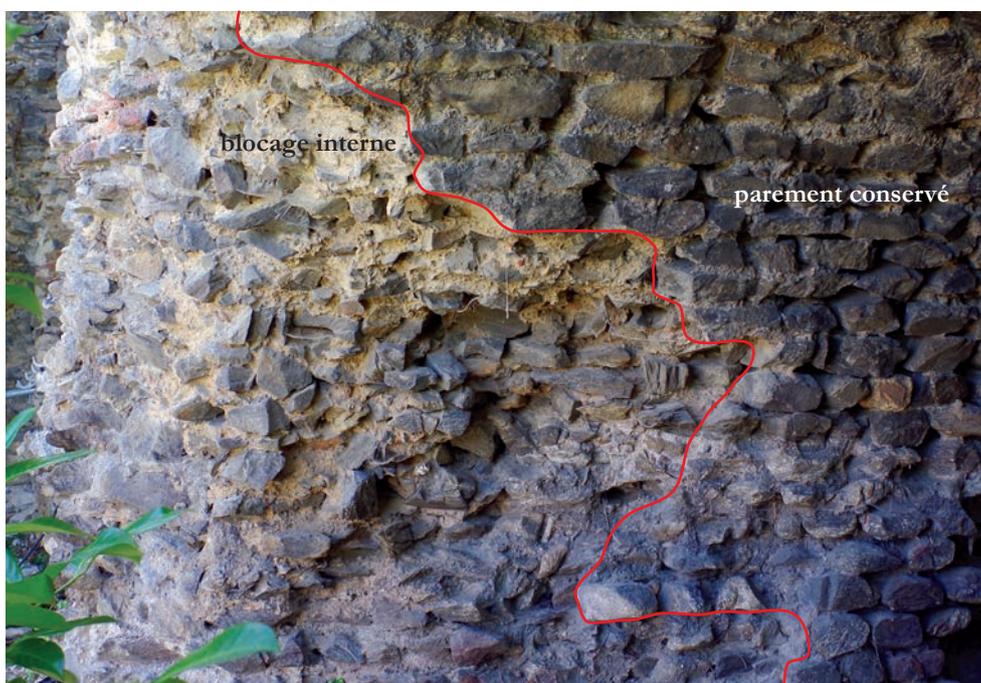


a)



b)



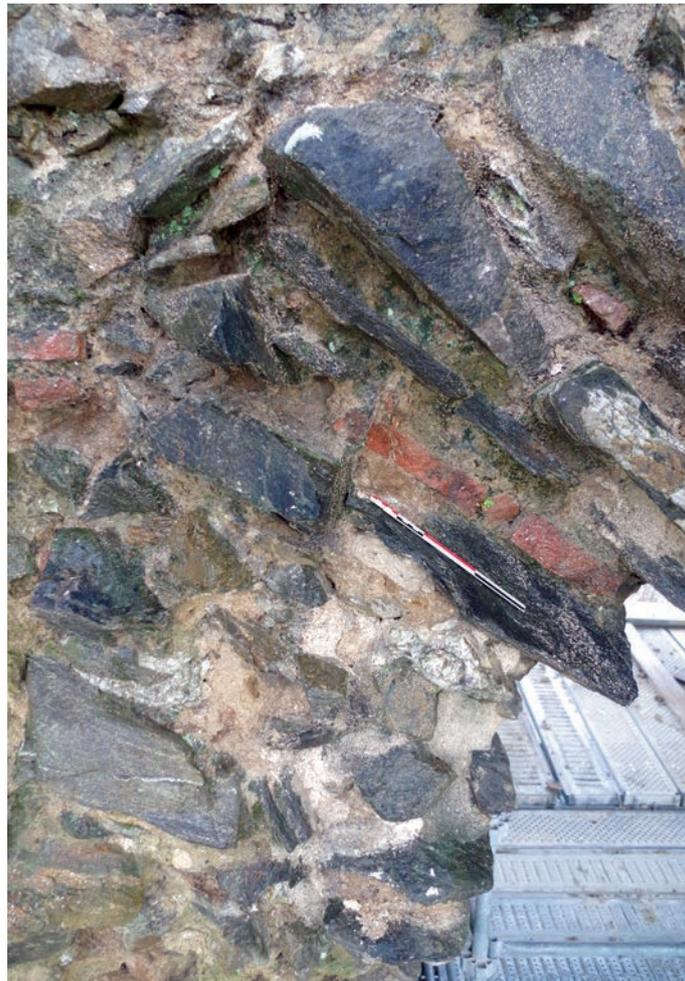








a)



b)



a)



b)



a)



b)







a)



b)





a)



b)



a)



b)

INVENTAIRES / ANNEXES

Annexe 1 : Inventaire des Faits archéologiques (F)

TASSIN-LA-DEMI-LUNE (69)

Nom du site : Rue de Boyer, «Les Massues» - Aqueduc de la Brévenne

N° site/Patriarche : 69 244 22 12295

Année : 2016

Parcelle : AR 116

Fait	UC	Localisation	Orientation	Description	G	Chrono
M 1		Entre les piles 0 et 1	est-ouest	Mur obstruant totalement l'arche 1 au sud. Epaisseur 0,45m (détruit fin 2016)	1, 2, 14, 15	XIX ^e s.
M 2	7, 8, 9	Entre les piles 1 et 2	est-ouest	Mur obstruant totalement l'arche 2 au sud. Percé de 3 portes dont 2 condamnées et d'une petite fenêtre rectangulaire (UC 7) condamnée également; transformé à plusieurs reprises (UC 8, 9), puis arasé fin 2016.	5, 15, 26	XIX ^e s.
M 3	10, 11	Entre les piles 1 et 2	est-ouest	Mur obstruant totalement l'arche 2 au nord à l'origine. Hauteur conservée 1,15m; épaisseur 0,48m	4, 5, 24, 26	XIX ^e s.
M 4		Entre les piles 2 et 3	est-ouest	Mur fermant partiellement l'arche 3 au nord. Hauteur 3,85; épaisseur 0,42m; couronné d'une toiture de tuiles canal.	6, 7, 22, 24	moderne
M 5		Entre les piles 3 et 4	est-ouest	Mur fermant l'arche 4 au nord; ressaut de fondation à 273,55 m; épaisseur 0,40m; h 2,70m; couronné d'une toiture de tuiles canal.	9, 11, 21, 22	moderne
M 6		Entre les piles 2 et 3	est-ouest	Mur fermant l'arche 3 au sud, lié à la villa adossée au monument, arasé en 1986. Epaisseur 0,65m	7	XIX ^e s.
M 7	22, 24	Contre l'angle sud-est de la pile 4	NNE-SSO	Mur parcellaire. Hauteur 2,50m; épaisseur 0,45m	13, 19	moderne
M 8		Entre les piles 3 et 4	est-ouest	Mur fermant l'arche 4 au sud; lié à la villa adossée au monument, arasé en 1986. Epaisseur 0,50m	11, 19	XIX ^e s.
M 9		Contre la pile 2 côté sud	nord-sud	Mur ouest appartenant à la villa adossée au monument, arasé en 1986. Epaisseur 0,50m	16	XIX ^e s.
M 10		Contre la pile 3 côté sud	nord-sud	Mur est appartenant à la villa adossée au monument, arasé en 1986. Epaisseur 0,50m		XIX ^e s.
M 11		Contre la pile 3 côté ouest	est-ouest	Muret de briques de terrassement pour mise en place d'une dalle béton contre le parement arraché de la pile 3. Extension de la villa adossée contre le monument, sous l'arche 3	7	XIX ^e s.
M12		Adossé à M5 au nord		Mur parcellaire. Hauteur 2,70m; épaisseur 0,45m		moderne

Annexe 2 : Inventaire des Unités Stratigraphiques et de Construction (US – UC)

TASSIN-LA-DEMI-LUNE (69)

Nom du site : Rue de Boyer, «Les Massues» - Aqueduc de la Brévenne

N° site/Patriarche : 69 244 22 12295

Année : 2016

Parcelle : AR 116

US - UC	Localisation	Description	Type	Datation	ant. à	post. à
US 1	sondage 1	moraine de galets et argile beige clair très compact	substrat naturel	-	US 2, UC 3	
US 2	sondage 1	couche de galets de petit et moyen calibre, matrice de couleur ocre marron		-	UC 3	US 1
UC 3	sondage 1, Pile 1	maçonnerie formant la fondation à tranchée aveugle de la pile 1 de l'aqueduc	construction	antique	US 4, 5	US 1, 2
US 4	sondage 1	remblai de pierres, blocs taillés, galets, tuiles, verre	remblai	XX ^e	US 5	US 2, 3
US 5	sondage 1	niveau de surface hétérogène (végétaux, galets, terre)	remblai	XX ^e		US 4
UC 6	sondage 1,	barre métallique fichée dans un socle en béton; installé dans le creusement de la fondation de la pile 1 (UC 3)	construction	XX ^e	US 4, 5	UC 3
UC 7	M 2	Mur fermant l'arche 2 au sud sur la totalité de sa hauteur, composé d'un appareil régulier mixte avec alternance régulière d'une assise de galets moyens en épi calibrés et d'une assise de briques ou tuiles bombées posées à plat; mortier de chaux fin sableux blanc avec inclusion de coquillages.	construction	moderne	UC 8, 9	Piles 1 et 2
UC 8	M 2	condamnation des ouvertures de l'UC 7 avec un appareil régulier de galets moyens et pierres calibrés liés à un mortier plus grossier remployant des nodules de vieux mortier, nodules de chaux et coquillages.	construction	moderne	UC 9	UC 7
UC 9	M 2	Reprises tardives du mur M 2 avec création de nouveaux accès: percement d'une porte côté ouest (linteau IPN et piédroits de moellons en béton), condamnation d'une ouverture côté est (parpaings de ciment)	construction	XX ^e		UC 7, 8, Piles 1 et 2
UC 10	M 3	mur fermant l'arche 2 au nord et conservé sur environ 1m de haut, qui se développait probablement sur toute la hauteur de l'arche (traces de mortier encore visible au-dessus de l'élévation arasée); composé d'un appareil régulier de galets moyens et pierres calibrés; mortier de chaux fin sableux	construction	moderne		Piles 1 et 2
UC 11	M 3	arasement de l'UC 10 et nivellement du mur avec du ciment. Intervention probablement contemporaine de l'UC 9	construction	XX ^e		UC 10, Piles 1 et 2
US 12	Pile 2 - parement Est	Niveau de sol carrelage, habitat moderne			UC 13	
US 13	Pile 2 - parement Est	Rhabillage de paroi moderne, mortier riche en chaux, habitat moderne				UC 12
UC 14	Pile 3 - parement ouest	Niveau charbonneux à l'interface des UC 27 et 29 toutes deux relatives à un habitat moderne			UC 29	UC 27
UC 15		Ragréage de briques et enduit ciment gris	restauration	XX ^e		
UC 16		Réparations et comblements avec un mortier blanc-gris sableux	restauration	XX ^e		
UC 17	Pile 3 - parement ouest	zone rejointoyée: test pour une restauration	restauration	XX ^e		
UC 18	Pile 3 - parement ouest	zone rejointoyée: test pour une restauration	restauration	XX ^e		
UC 19	Pile 3	remontage de la partie basse de la maçonnerie antique arrachée				
UC 20	Ensemble du monument	Concerne de larges surfaces: principalement le dessus du monument et les faces externes, correspond à des rejointoiements profonds	restauration	XX ^e		UC 25
UC 21	Pile 4	Consolidation de la base de la pile 4 au sud avec des galets gros et moyens calibrés, des pierres; mortier blanc sableux compact et repose sur le mur M 8	construction	moderne	UC 22	M 8

US - UC	Localisation	Description	Type	Datation	ant. à	post. à
UC 22	Pile 4	Maçonnerie de briques (module de 24 x 12 x 5cm) et pierres de récupération liées à du mortier gris sableux friable homogène, plaquée contre le parement arraché de la pile 4 (côté ouest). Aujourd'hui arasée, elle formait l'élévation intérieure d'une habitation moderne, dont il subsiste un lambeau de sol de briques (24 x 12 x 5cm) , avec l'aménagement d'une niche qui a entraîné le surcreusement de 0,80m de la maçonnerie antique vers l'est (voir G11).	construction	moderne	UC 24	UC 21, 23
UC 23	Pile 3 - parement est/ M5	Maçonnerie galets gros et moyens calibrés et quelques pierres régulièrement assisés formant retour avec le mur M 5 et fermant l'espace de l'arche 4 au nord-est; mortier blanc sableux à inclusion de graviers noirs.	construction	moderne	UC 22	
UC 24	M 7	Reprise sommitale du mur UC 22 avec installation d'une couverture de tuiles canal.	construction	XX ^e		UC 25
UC 25	Ensemble du monument	Consolidation et ragréage ponctuels	restauration	XX ^e	UC 20	
UC 26	Pile 2 - parement Est	Enduit de réfection , maçonnerie hétérogène avec tomettes, briques, cailloux, mortier de chaux très friable blanc	construction	moderne		
UC 27	Pile 3 - parement Ouest	Enduit de réfection , maçonnerie hétérogène avec cailloux, mortier de chaux blanc	construction	moderne		
UC 28	Pile 3 - parement Ouest	Sol de tomettes en terre cuite liées à un mortier de chaux blanc	construction	moderne		
UC 29	M 11	Muret de briques, lié à la villa adossée au monument, détruite en 1986	construction	XIX ^e		
UC 30	Pile 3	Réfection de la partie basse de la pile 3 côté sud	construction	XX ^e		Pile 3
UC 31	Pile 2 - parement Ouest	Réfection en ciment	restauration	XX ^e		Pile 2
UC 32	Pile 2 - parement Ouest	Réfection en ciment	restauration	XX ^e		Pile 2
UC 33	Pile 3 - parement Est	Maçonnerie accolée contre le parement arraché de la pile antique		moderne		Pile 3

Annexe 3 : Inventaire des Prélèvements

TASSIN-LA-DEMI-LUNE (69)

Nom du site : Rue de Boyer, «Les Massues» - Aqueduc de la Brévenne

N° site/Patriarche : 69 244 22 12295

Année : 2016

Parcelle : AR 116

N° Prélèvement	Fait / orientation	US / zone	Nature	Type	Chronologie	Minute
P - PR01	PILE 1 - parement ouest	fondation	mortier + charbon	1	antique	G.01
P - PR02	PILE 1 - parement ouest	fondation	mortier + charbon	1	antique	G.01
P - PR03	PILE 3 - parement est	épaulée 3 - parement	mortier	2	antique	G.08
P - PR04	PILE 3 - parement est	épaulée 2 - parement	mortier	2	antique	G.08
P - PR05	PILE 3 - parement est	UC 16 (restauration contemporaine)	mortier	12	XX ^e	G.08
P - PR06	PILE 0 - parement sud	arc - parement	mortier	2	antique	G.14
P - PR07	PILE 0 - parement sud	maçonnerie - blocage	mortier	2	antique	G.14
P - PR08	PILE 0 - parement ouest	épaulée 1 - parement	mortier	2	antique	G.02
P - PR09	PILE 0 - parement ouest	épaulée 1 - blocage	mortier	2	antique	G.02
P - PR10	PILE 0 - parement ouest	voûte - parement	mortier	2	antique	G.02
P - PR11	PILE 1 - parement nord	maçonnerie - blocage	mortier	2	antique	G.25
P - PR12	PILE 1 - parement ouest	épaulée 1 - parement	mortier	2	antique	G.03
P - PR13	PILE 1 - parement ouest	voûte - parement	mortier	2	antique	G.03
P - PR14	PILE 1 - parement nord	épaulée 2 - blocage	mortier	2	antique	G.25
P - PR15	PILE 1 - parement nord	arase de briques 1 - parement	mortier	2	antique	G.25
P - PR16	PILE 1 - parement est	arase de briques 1 - parement	mortier	2	antique	G.04
P - PR17	PILE 1 - parement est	sous arase de briques 1 - parement	mortier	2	antique	G.04
P - PR18	PILE 1 - parement est	épaulée 1 - blocage	mortier	2	antique	G.04
P - PR19	PILE 1 - parement est	voûte - parement	mortier	2	antique	G.04
P - PR20	PILE 2 - parement ouest	épaulée 1 - blocage	mortier	2	antique	G.05
P - PR21	PILE 2 - parement ouest	arase de briques 1 - blocage	mortier	2	antique	G.05
P - PR22	PILE 2 - parement ouest	épaulée 2 - blocage	mortier	2	antique	G.05
P - PR23	PILE 2 - parement ouest	voûte - parement	mortier	2	antique	G.05
P - PR24	PILE 2 - parement est	arase de briques 2 - blocage	mortier	2	antique	G.06
P - PR25	PILE 2 - parement est	épaulée 3 - blocage	mortier	2	antique	G.06
P - PR26	PILE 2 - parement est	arase de briques 3 - blocage	mortier	2	antique	G.06
P - PR27	PILE 2 - parement est	voûte - parement	mortier	2	antique	G.06
P - PR28	PILE 3 - parement ouest	épaulée 1 - blocage	mortier	2	antique	G.07
P - PR29	PILE 3 - parement ouest	arase de briques 1 - blocage	mortier	2	antique	G.07
P - PR30	PILE 3 - parement ouest	épaulée 2 - blocage	mortier	2	antique	G.07
P - PR31	PILE 3 - parement ouest	arase de briques 2 - blocage	mortier	2	antique	G.07
P - PR32	PILE 3 - parement ouest	épaulée 3 - blocage	mortier	2	antique	G.07
P - PR33	PILE 3 - parement ouest	épaulée 3 - parement	mortier	2	antique	G.07
P - PR34	PILE 3 - parement sud	arase de briques 3 - blocage	mortier	2	antique	G.17
P - PR35	PILE 3 - parement ouest	voûte - parement	mortier	2	antique	G.07
P - PR36	PILE 3 - parement est	arase de briques 1 - blocage	mortier	2	antique	G.09
P - PR37	PILE 3 - parement est	épaulée 2 - blocage	mortier	2	antique	G.09
P - PR38	PILE 3 - parement est	arase de briques 2 - blocage	mortier	2	antique	G.09
P - PR39	PILE 3 - parement est	épaulée 3 - blocage	mortier	2	antique	G.09

N° Prélèvement	Fait / orientation	US / zone	Nature	Type	Chronologie	Minute
P - PR40	PILE 3 - parement est	arase de briques 3 - blocage	mortier	2	antique	G.08
P - PR41	PILE 3 - parement est	épaulée 5 - parement	mortier	2	antique	G.08
P - PR42	PILE 3 - parement est	voûte - parement	mortier	2	antique	G.08
P - PR43	PILE 4 - parement ouest	épaulée 1 - blocage	mortier	2	antique	G.11
P - PR44	PILE 4 - parement ouest	arase de briques 1 - blocage	mortier	2	antique	G.11
P - PR45	PILE 4 - parement ouest	épaulée 2 - blocage	mortier	2	antique	G.11
P - PR46	PILE 4 - parement ouest	arase de briques 2 - blocage	mortier	2	antique	G.11
P - PR47	PILE 4 - parement ouest	épaulée 3 - parement	mortier	2	antique	G.11
P - PR48	PILE 4 - parement sud	arase de briques 3 - parement	mortier	2	antique	G.19
P - PR49	PILE 4 - parement ouest	épaulée 4 - parement	mortier	2	antique	G.10
P - PR50	PILE 4 - parement est	épaulée 4 - parement	mortier	2	antique	G.13
P - PR51	PILE 4 - parement est	arase de briques 4 - parement	mortier	2	antique	G.12
P - PR52	PILE 4 - parement sud	arc - parement	mortier	2	antique	G.18
P - PR53	PILE 4 - parement sud	épaulée 5 - parement	mortier	2	antique	-
P - PR54	PILE 4 - parement est	épaulée 5 - parement	mortier	2	antique	G.12
P - PR55	PILE 4 - parement nord	arc - parement	mortier	2	antique	G.20
P - PR56	PILE 4 - parement nord	arase de briques 5 - parement	mortier	2	antique	G.20
P - PR57	PILE 4 - parement nord	épaulée 6 - blocage	mortier	2	antique	G.20
P - PR58	PILE 4 - parement nord	arase de briques 6 - parement	mortier	2	antique	G.20
P - PR59	PILE 4 - parement est	épaulée 7 - blocage	mortier	2	antique	G.12
P - PR60	PILE 1-4	UC 25	mortier	4	XX ^e	
P - PR61	Omniprésent	UC 20 (restauration contemporaine)	mortier	7	XX ^e	
P - PR62	PILE 4 - parement ouest	UC 22	mortier	6	XX ^e	G.11
P - PR63	PILE 4 - parement sud	UC 21	mortier	8	XX ^e	
P - PR64	PILE 4 - parement ouest	UC 23 (=M5)	mortier	10	XX ^e	
P - PR65	PILE 3	UC 30 (restauration contemporaine)	mortier	12	XX ^e	G.07, .09, .17
P - PR66	PILE 2 - parement est	UC 26	mortier	8	XX ^e	
P - PR67	PILE 3 - parement ouest	UC 27	mortier	6	XX ^e	
P - PR68	PILE 2 - parement ouest	maçonnerie M3 - parement	mortier	13	XX ^e	
P - PR69	PILE 3 - parement est	UC 33	mortier	11	XX ^e	
P - PR70	PILE 3 - parement est	UC 23 (=M5)	mortier	9	XX ^e	
P - PR71	PILE 2 - parement est	UC 31	mortier	3	XX ^e	
P - PR72	PILE 2 - parement est	UC 32	mortier	6	XX ^e	
P - PR73	PILE 2 - parement sud	épaulée 1 - blocage	mortier	2	antique	G.16
P - PR74	PILE 3 - parement ouest	niveau de mortier (fond sondage Comte)	mortier	5	XX ^e	
P - PR75	PILE 1 - parement ouest	épaulée 1 - blocage	mortier	2	antique	G.01
P - PR76	PILE 1 - parement ouest	épaulée 1 - parement	mortier	2	antique	G.01

Annexe 4 : Inventaire des Relevés Graphiques (G)

TASSIN-LA-DEMI-LUNE (69)

Nom du site : Rue de Boyer, «Les Massues» - Aqueduc de la Brévenne

N° site/Patriarche : 69 244 22 12295

Année : 2016

Parcelle : AR 116

N°	Localisation	Description	Echelle	Format	Support	Auteur	Date
G01	Pile 1	Parement ouest - Fondation et vestiges de l'élévation	1/20 ^e	A3	calque polyester millimétré	A. Devillechaise	24/08/16
G02	Massif ouest	Parement est - Epaulée et voûte arc 1	1/20 ^e	A4	calque polyester	F. Eschbach	14/11/16
G03	Pile 1	Parement ouest - Epaulée et voûte arc 1	1/20 ^e	A4	calque polyester	F. Eschbach	15/11/16
G04	Pile 1	Parement est - Epaulée et voûte arc 2	1/20 ^e	A3	calque polyester	A. Devillechaise	14/11/16
G05	Pile 2	Parement ouest - Epaulées et voûte arc 2	1/20 ^e	A3	calque polyester	A. Devillechaise	14/11/16
G06	Pile 2	Parement est - Epaulées et voûte arc 3	1/20 ^e	A3	calque polyester	F. Eschbach	16/11/2016, 03/01/17
G07	Pile 3	Parement ouest - Epaulées et voûte arc 3	1/20 ^e	A3	calque polyester	F. Eschbach	17/11/2016, 03/01/17
G08	Pile 3	Parement est - Epaulées 3, 4 et voûte arc 4	1/20 ^e	A3	calque polyester	A. Devillechaise	22/11/16
G09	Pile 3	Parement est - Epaulées 1 et 2	1/20 ^e	A3	calque polyester	A. Devillechaise	23/11/2016, 03/01/17
G10	Pile 4	Parement ouest - Epaulées 3, 4 et voûte arc 4	1/20 ^e	A3	calque polyester	A. Devillechaise	16/11/16
G11	Pile 4	a. Parement ouest - Epaulées 1 et 2; b. plan au sol	1/20 ^e	A3	calque polyester	A. Devillechaise	16/11/16
G12	Pile 4	Parement est - Epaulées 5 à 7	1/20 ^e	A3	calque polyester	A. Devillechaise	21/11/16
G13	Pile 4	Parement est - Epaulées 1 à 4	1/20 ^e	A3	calque polyester	A. Devillechaise	21/11/16
G14	Massif ouest	Parement sud	1/20 ^e	A3	calque polyester	F. Eschbach	14/11/16
G15	Pile 1	Parement sud	1/20 ^e	A3	calque polyester	F. Eschbach	22/11/2016, 03/01/17
G16	Pile 2	Parement sud	1/20 ^e	A3	calque polyester	F. Eschbach	23/11/16
G17	Pile 3	Parement sud	1/20 ^e	A3	calque polyester	F. Eschbach	23/11/16
G18	Piles 3/4	Parement sud - partie supérieure	1/20 ^e	A3	calque polyester	A. Devillechaise	21/11/16
G19	Pile 4	Parement sud - partie inférieure	1/20 ^e	A3	calque polyester	A. Devillechaise	23/11/2016, 03/01/17
G20	Piles 4/3	Parement nord - partie supérieure	1/20 ^e	A3	calque polyester	A. Devillechaise	22/11/16
G21	Pile 4	Parement nord - partie inférieure	1/20 ^e	A3	calque polyester	A. Devillechaise	23/11/16
G22	Pile 3	Parement nord	1/20 ^e	A3	calque polyester	F. Eschbach	23/11/16
G23	Piles 2/1	Parement nord - partie supérieure	1/20 ^e	A3	calque polyester	F. Eschbach	22/11/16
G24	Piles 2/1	Parement nord - partie inférieure	1/20 ^e	A3	calque polyester	A. Devillechaise	15/11/16
G25	Pile 1/ Massif ouest	Parement nord	1/20 ^e	A3	calque polyester	F. Eschbach	15/11/16
G26	Pile 2	Parement ouest (complément partie basse G05)	1/20 ^e	A3	calque polyester	A. Devillechaise	07/12/16

Annexe 5 : Inventaire des Photos Numériques (PN)

TASSIN-LA-DEMI-LUNE (69)

Nom du site : Rue de Boyer, «Les Massues» - Aqueduc de la Brévenne

N° site/Patriarche : 69 244 22 12295

Année : 2016

Parcelle : AR 116

N° cliché	Description	Vue depuis	Auteur	Date
PN001	Piles 0, 1 et 2, face sud - Vue d'ensemble avec échafaudages	S-E	FE	15/11/16
PN002	Piles 0 et 1, face sud - Vue d'ensemble avec échafaudages	S-E	FE	15/11/16
PN003	Pile 0, face est, côté sud - vestige du mur M 1	N-E	FE	15/11/16
PN004	Pile 0, face est, côté nord	E	FE	15/11/16
PN005	Pile 0, face est, côté nord	E	FE	15/11/16
PN006	Pile 1, face ouest - vue d'ensemble	O	FE	15/11/16
PN007	Pile 1, face ouest - vue d'ensemble	O	FE	15/11/16
PN008	Pile 0, face nord - parement arraché au niveau de l'arc 1	N-O	FE	15/11/16
PN009	Pile 0, face nord - parement arraché au niveau de l'arc 1	N-O	FE	15/11/16
PN010	Pile 0, face sud - parement arraché au niveau de l'arc 1	S-E	FE	15/11/16
PN011	Pile 0, face sud - parement arraché au niveau de l'arc 1	S-E	FE	15/11/16
PN012	Pile 1, face est - vue d'ensemble	E	FE	15/11/16
PN013	Pile 1, face est - vue d'ensemble	E	FE	15/11/16
PN014	Pile 2, face ouest - vue d'ensemble	O	FE	15/11/16
PN015	Pile 2, face ouest - vue d'ensemble	O	FE	15/11/16
PN016	Pile 1, angle nord-est - parement arraché	N-E	FE	15/11/16
PN017	Pile 1, angle nord-est - parement arraché	N-E	FE	15/11/16
PN018	Pile 1, face nord - épaulée 2 et retombée est de l'arc 1	N-O	FE	15/11/16
PN019	Pile 1, face nord - épaulée 2 et retombée est de l'arc 1	N	FE	15/11/16
PN020	Pile 1, face nord - épaulée 2 et retombée est de l'arc 1	N-O	FE	15/11/16
PN021	Pile 1, face nord - épaulée 2 et retombée est de l'arc 1	N	FE	15/11/16
PN022	Pile 1, face sud - vue d'ensemble	S	FE	15/11/16
PN023	Pile 1, face sud - vue d'ensemble	S	FE	15/11/16
PN024	Pile 2, face sud, épaulées 1 et 2 - vue d'ensemble	S	FE	16/11/16
PN025	Pile 2, face sud, épaulées 1 et 2 - vue d'ensemble	S	FE	16/11/16
PN026	Pile 2, face sud - 1e arase de briques	S	FE	16/11/16
PN027	Pile 2, face sud - 1e arase de briques	S	FE	16/11/16
PN028	Pile 2, face sud - M 9 venant s'appuyer contre la maçonnerie antique arrachée	S-O	FE	16/11/16
PN029	Pile 2, face sud - M 9 venant s'appuyer contre la maçonnerie antique arrachée	S-O	FE	16/11/16
PN030	Pile 2, face est - maçonnerie antique arrachée et aplomb du parement conservé en partie haute	S	FE	16/11/16
PN031	Pile 2, face nord, épaulées 1 et 2	N-O	FE	16/11/16
PN032	Pile 2, face nord, épaulées 1 et 2	N-O	FE	16/11/16
PN033	Pile 2, face nord, épaulées 1 et 2	N-E	FE	16/11/16
PN034	Pile 2, face nord, épaulées 1 et 2	N-E	FE	16/11/16
PN035	Arc 2 - voûte	O	FE	16/11/16
PN036	Arc 1 - voûte	E	FE	16/11/16
PN037	Pile 2, face est, épaulées 1 à 3 - vue d'ensemble	E	FE	16/11/16
PN038	Pile 2, face est, côté sud - 1e arase de briques	E	FE	16/11/16

N° cliché	Description	Vue depuis	Auteur	Date
PN039	Pile 2, face est, épaulées 1 à 3 - 1e et 2e arases de briques	E	FE	16/11/16
PN040	Pile 2, face est, côté sud - 1e arase de briques	E	FE	16/11/16
PN041	Pile 2, face est, côté sud - 2e arase de briques	E	FE	16/11/16
PN042	Pile 2, face est, épaulée 3 - 3e arase de briques et voûte	E	FE	16/11/16
PN043	Pile 2, face est - 3e arase de briques conservée en parement	E	FE	16/11/16
PN044	Pile 2, face est - détail bouchon dans voûte et rejointoiement UC 20	E	FE	16/11/16
PN045	Pile 2, face est - détail bouchon dans voûte et rejointoiement UC 20	E	FE	16/11/16
PN046	Pile 2, face est - 3e arase de briques conservée en parement	E	FE	16/11/16
PN047	Pile 2, face est, épaulée 3 - 3e arase de briques et voûte	E	FE	16/11/16
PN048	Pile 2, face est, épaulée 3, côté sud - détail logement poutre	E	FE	16/11/16
PN049	Pile 2, face est, épaulée 3, côté nord - détail logement poutre	E	FE	16/11/16
PN050	Pile 2, face est, côté sud	E	FE	16/11/16
PN051	Pile 2, face est, côté sud	E	FE	16/11/16
PN052	Pile 4, face ouest - 3e arase de briques	O	FE	17/11/16
PN053	Pile 4, face ouest, épaulée 4 - départ de voûte à l'aide de moellons de modules plus irréguliers	O	FE	17/11/16
PN054	Pile 3, face ouest, épaulées 1 et 2	O	FE	17/11/16
PN055	Pile 3, face ouest, épaulées 1 et 2	O	FE	17/11/16
PN056	Pile 3, face ouest, côté sud - reprise UC 30	O	FE	17/11/16
PN057	Pile 3, face ouest, côté sud - reprise UC 30	O	FE	17/11/16
PN058	Pile 3, face ouest - M 6 et carrelage contemporain côté sud	O	FE	17/11/16
PN059	Pile 2, face est, côté sud - épaulées 1 et 2, 1e arase de briques	E	FE	17/11/16
PN060	Pile 2, face est, côté sud - épaulées 1 et 2, 1e arase de briques	E	FE	17/11/16
PN061	Pile 3, face ouest, côté nord - épaulée 3, 3e arase de briques et voûte	O	FE	17/11/16
PN062	Pile 3, face ouest, côté nord - épaulée 3, 3e arase de briques et voûte	O	FE	17/11/16
PN063	Pile 3, face ouest, côté sud - épaulée 3, 3e arase de briques et voûte	O	FE	17/11/16
PN064	Pile 3, face ouest, côté sud - épaulée 3, 3e arase de briques et voûte	O	FE	17/11/16
PN065	Rampant - Dos	O	FE	23/11/16
PN066	Rampant - Dos	O	FE	23/11/16
PN067	Rampant - Dos	O	FE	23/11/16
PN068	Rampant, face nord - parement arraché	E	FE	23/11/16
PN069	Rampant, face nord - parement arraché	O	FE	23/11/16
PN070	Rampant, côté nord - Dos	O	FE	23/11/16
PN071	Rampant - Dos, vestiges emmarchement contemporain	O	FE	23/11/16
PN072	Rampant - Dos, vestiges emmarchement contemporain	O	FE	23/11/16
PN073	Blocs de gneiss	/	FE	23/11/16
PN074	Blocs de gneiss	/	FE	23/11/16
PN075	Pile 3, face sud - claveaux formant l'arc 3	S	FE	23/11/16
PN076	Pile 3, face sud - claveaux formant l'arc 3	S	FE	23/11/16
PN077	Pile 2, face est - restauration moderne et rejointoiements		FE	23/11/16
PN078	Pile 4, face est, 4e arase de briques - parement conservé	E	FE	23/11/16
PN079	Pile 4, angle sud-est, 4e arase de briques - parement conservé	S-E	FE	23/11/16
PN080	Pile 4, angle sud-est, 4e arase de briques - parement conservé	S-E	FE	23/11/16
PN081	Pile 4, face est, 4e arase de briques - parement conservé	E	FE	23/11/16
PN082	Pile 4, face sud, épaulée 5 - parement et son blocage	O	FE	23/11/16
PN083	Pile 4, face sud, épaulée 5 - parement et son blocage	O	FE	23/11/16
PN084	Pile 4, face nord - 4e arase de briques et claveaux en calcaire et gneiss formant l'arc 4	N	FE	23/11/16
PN085	Pile 4, face nord - 4e arase de briques et claveaux en calcaire et gneiss formant l'arc 5	N	FE	23/11/16

N° cliché	Description	Vue depuis	Auteur	Date
PN086	Pile 4, face nord - mise en œuvre de l'arc avec claveaux en calcaire et gneiss	N	FE	23/11/16
PN087	Pile 4, angle nord-ouest, épaulée 4	N-O	FE	23/11/16
PN088	Pile 4, angle nord-ouest, épaulée 4	O	FE	23/11/16
PN089	Pile 4, angle nord-ouest, épaulée 4	N-O	FE	23/11/16
PN090	Pile 4, angle nord-ouest, épaulée 4	O	FE	23/11/16
PN091	Arc 2, face nord	N	FE	23/11/16
PN092	Arc 2, face nord	N	FE	23/11/16
PN093	Pile 2, face nord - 3e arase de briques	N	FE	23/11/16
PN094	Pile 2, face nord - 3e arase de briques	N	FE	23/11/16
PN095	Pile 2, face nord - 3e arase de briques	N	FE	23/11/16
PN096	Pile 2, face nord - 3e arase de briques	N	FE	23/11/16
PN097	Arc 2, face sud	S	FE	23/11/16
PN098	Pile 3, face est	E	FE	23/11/16
PN099	Pile 3, face est, 4e arase de briques - trou de boulin	E	FE	23/11/16
PN100	Pile 4, face sud, épaulée 5 - parement et son blocage	S-O	FE	23/11/16
PN101	Pile 4, face sud, épaulée 5 - parement et son blocage	S-O	FE	23/11/16
PN102	Pile 4, face est, 3e arase de briques - trou de boulin côté sud	E	FE	23/11/16
PN103	Pile 4, face est, 4e arase de briques - trou de boulin extrémité nord	E	FE	23/11/16
PN104	Pile 4, face est, 4e arase de briques - trou de boulin extrémité nord	E	FE	23/11/16
PN105	Pile 4, face est, 4e arase de briques - trou de boulin central	E	FE	23/11/16
PN106	Pile 4, face ouest - 1e arase de briques	O	FE	24/11/16
PN107	Pile 4, face ouest - 1e arase de briques	O	FE	24/11/16
PN108	Pile 4, face ouest - 2e arase de briques	O	FE	24/11/16
PN109	Pile 4, face ouest - 2e arase de briques	O	FE	24/11/16
PN110	Pile 3, face est - 3e arase de briques	E	FE	24/11/16
PN111	Pile 3, face est - 3e arase de briques	E	FE	24/11/16
PN112	Pile 3, face est, extrémité nord, épaulée 4 - 3e arase de briques	E	FE	24/11/16
PN113	Pile 3, face est, angle nord-est, épaulée 5 - 4e arase de briques	N-E	FE	24/11/16
PN114	Pile 3, face est, angle nord-est, épaulée 5 - 4e arase de briques	N-E	FE	24/11/16
PN115	Pile 3, face nord, épaulée 4 - 4e arase de briques, parement partiellement conservé	N	FE	24/11/16
PN116	Arc 3, face nord - retombée est	N	FE	24/11/16
PN117	Arc 3, face nord - retombée est	N	FE	24/11/16
PN118	Arc 3, face nord - retombée ouest	N	FE	24/11/16
PN119	Arc 3, face nord - retombée ouest	N	FE	24/11/16
PN120	Pile 4, angle nord-est, épaulée 3	N-E	FE	24/11/16
PN121	Pile 4, angle nord-est, épaulée 3	N-E	FE	24/11/16
PN122	Pile 4, angle nord-est, épaulée 3	N-E	FE	24/11/16
PN123	Arc 4, face nord - claveaux	N	FE	24/11/16
PN124	Arc 4, face nord - claveaux	N	FE	24/11/16
PN125	Pile 4, face nord - retombée est de l'arc 4 arrachée en parement	N-O	FE	24/11/16
PN126	Pile 4, face nord - retombée est de l'arc 4 arrachée en parement	N-O	FE	24/11/16
PN127	Pile 4, face nord - moellons calcaire à la retombée est de l'arc 4	N	FE	24/11/16
PN128	Pile 4, face nord - moellons calcaire à la retombée est de l'arc 4	N-O	FE	24/11/16
PN129	Pile 4, face nord - 5e arase de briques et claveaux de l'arc 4	N	FE	24/11/16
PN130	Pile 4, face nord - 5e arase de briques et claveaux de l'arc 4	N	FE	24/11/16
PN131	Pile 2, face ouest, 1e arase de briques - détail profil brique	O	FE	24/11/16
PN132	Pile 2, face ouest, 1e arase de briques - détail profil brique	O	FE	24/11/16

N° cliché	Description	Vue depuis	Auteur	Date
PN133	Pile 2, face est, 3e arase de briques et voûte, extrémité sud - reprises en ciment	E	FE	24/11/16
PN134	Pile 2, face est, 3e arase de briques et voûte, extrémité sud - reprises en ciment	E	FE	24/11/16
PN135	Pile 3, face ouest, épaulée 3 - parement partiellement conservé, 3e arase de briques et voûte	O	FE	24/11/16
PN136	Pile 3, face ouest, épaulée 3 - parement partiellement conservé, 3e arase de briques et voûte	O	FE	24/11/16
PN137	Pile 3, face est - 3e arase de briques et bouchon UC 16	E	FE	24/11/16
PN138	Pile 3, face est - 3e arase de briques et bouchon UC 16	E	FE	24/11/16
PN139	Pile 3, face est, épaulée 4 - moellons formant le parement visibles en profondeur	S	FE	24/11/16
PN140	Pile 4, face ouest, épaulée 4 - départ de voûte à l'aide de moellons de modules plus irréguliers	O	FE	24/11/16
PN141	Pile 4, face ouest, épaulée 4 - départ de voûte à l'aide de moellons de modules plus irréguliers	O	FE	24/11/16
PN142	Arc 4, voûte - retombée est	N-O	FE	25/11/16
PN143	Arc 4, voûte - retombée est	O	FE	25/11/16
PN144	Arc 4, voûte - retombée est	N-O	FE	25/11/16
PN145	Arc 4, voûte - retombée ouest	S-E	FE	25/11/16
PN146	Arc 4, voûte - vue d'ensemble	S	FE	25/11/16
PN147	Arc 4, voûte - vue d'ensemble	N	FE	25/11/16
PN148	Rampant, partie sommitale	S	FE	25/11/16
PN149	Rampant, partie sommitale	S-O	FE	25/11/16
PN150	Rampant, partie sommitale - vue d'ensemble	S-O	FE	25/11/16
PN151	Rampant, partie sommitale	S	FE	25/11/16
PN152	Rampant, partie sommitale	S-O	FE	25/11/16
PN153	Rampant, partie sommitale - vue d'ensemble	S-O	FE	25/11/16
PN154	Pile 4, face sud, épaulée 7, 6e arase de briques	S	FE	25/11/16
PN155	Pile 4, face sud, épaulée 7, 6e arase de briques	S	FE	25/11/16
PN156	Rampant - détails construction interne	S	FE	25/11/16
PN157	Rampant - détails construction interne	S	FE	25/11/16
PN158	Pile 4, face est, extrémité sud - 5e arase de briques	N	FE	25/11/16
PN159	Pile 4, face est, extrémité sud - 5e arase de briques	N/N-E	FE	25/11/16
PN160	Pile 4, face est, extrémité sud - 5e arase de briques	N	FE	25/11/16
PN161	Pile 4, face est, extrémité sud - 5e arase de briques	N/N-E	FE	25/11/16
PN162	M1, parement nord - avant destruction	N	FE	25/08/16
PN163	M1, parement nord - avant destruction	N	FE	25/08/16
PN164	Sondage 1 - Pile 1, face ouest	O	FE	23/08/16
PN165	Sondage 1 - Pile 1, face ouest	O	FE	23/08/16
PN166	Sondage 1 - Pile 1, face ouest	O	FE	23/08/16
PN167	Sondage 1 - Pile 1, face ouest	O	FE	23/08/16
PN168	Sondage 1 - Pile 1, face ouest - piquet dans socle béton	O	FE	23/08/16
PN169	Sondage 1 - Pile 1, face ouest - piquet dans socle béton	O	FE	23/08/16
PN170	Sondage 1 - Pile 1, face ouest - angle nord-ouest de la fondation	O	FE	24/08/16
PN171	Sondage 1 - Pile 1, face ouest - angle nord-ouest de la fondation	O	FE	24/08/16
PN172	Sondage 1 - Pile 1, face ouest - fondation et épaulée 1	O	FE	24/08/16
PN173	Sondage 1 - Pile 1, face ouest - fondation et épaulée 1	O	FE	24/08/16
PN174	Sondage 1 - Pile 1, face ouest - vue d'ensemble	O	FE	24/08/16
PN175	Pile 1, face ouest, extrémité nord - vue d'ensemble	O	FE	24/08/16
PN176	Sondage 1 - Pile 1, face ouest - vue d'ensemble	O	FE	24/08/16
PN177	Pile 1, face ouest, extrémité nord - vue d'ensemble	O	FE	24/08/16
PN178	Sondage 1 - Pile 1, face ouest - vue d'ensemble	N-O	FE	24/08/16
PN179	Sondage 1 - Pile 1, face ouest - vue d'ensemble	N-O	FE	24/08/16

N° cliché	Description	Vue depuis	Auteur	Date
PN180	Sondage 1 - Pile 1, face ouest - vue d'ensemble	N-O	FE	24/08/16
PN181	Pile 1, angle nord-ouest - vue d'ensemble	N-O	FE	24/08/16
PN182	Sondage 1 - Pile 1, face ouest - angle nord-ouest de la fondation	S-O	FE	24/08/16
PN183	Sondage 1 - Pile 1, face ouest - détail de l'angle nord-ouest de la fondation	O	FE	24/08/16
PN184	Sondage 1 - Pile 1, face ouest - moraine atteinte en fond de sondage	N	FE	24/08/16
PN185	Pile 1, face nord - maçonnerie arrachée	N	FE	25/08/16
PN186	Pile 0, face est - vue d'ensemble	E	FE	25/08/16
PN187	Pile 0, face est - vue d'ensemble	E	FE	25/08/16
PN188	M 2, parement nord - vue d'ensemble avant destruction	N	AD	26/08/16
PN189	M 2, parement nord - appui de la fenêtre UC 7 bouchée par UC 8	N	AD	26/08/16
PN190	M 2, parement nord - fenêtre UC 7 bouchée par UC 8	N	AD	26/08/16
PN191	M 2, parement nord - UC 7 et mise en place de la porte UC 9	N/N-E	AD	26/08/16
PN192	Pile 1, face nord - vue d'ensemble avant travaux	N	FE	22/08/16
PN193	Pile 1, face ouest - vue d'ensemble avant destruction du mur M 1	O	FE	25/08/16
PN194	Pile 1, face ouest - vue d'ensemble avant destruction du mur M 1	O	FE	25/08/16
PN195	Pile 1, face ouest - vue d'ensemble avant destruction du mur M 2	N-O	FE	22/08/16
PN196	Pile 2, face est - vue générale	S-E	CC	17/10/16
PN197	Pile 2, face est, côté sud - maçonnerie de galets en profondeur de la pile	E	CC	17/10/16
PN198	Pile 2, face est, côté nord - reparamentage de surface	E	CC	17/10/16
PN199	Pile 2, face est, côté sud - maçonnerie de galets en profondeur de la pile, détail	E	CC	17/10/16
PN200	Pile 2, sondage côté sud - maçonnerie nord/sud contre la pile et maçonnerie est/ouest avec ressaut accolée à la pile	O	CC	17/10/16
PN201	Pile 2, sondage côté sud-ouest - maçonnerie est/ouest avec ressaut accolée à la pile	S	CC	17/10/16
PN202	Pile 2, sondage côté sud-ouest - maçonnerie nord/sud contre la pile et maçonnerie est/ouest avec ressaut accolée à la pile	S-O	CC	17/10/16
PN203	Pile 3, face est - vestiges des maçonneries antiques	E	CC	17/10/16
PN204	Pile 3, face est - vue générale	S-E	CC	17/10/16
PN205	Pile 3, face est - maçonnerie contemporaine (M 6) parementée sous la zone restaurée UC 30	E	CC	17/10/16
PN206	Pile 3, face ouest - niveau de mortier contre la maçonnerie UC 27	O	CC	17/10/16
PN207	Pile 3, face ouest - niveau de mortier contre la maçonnerie UC 27, détail	O	CC	17/10/16
PN208	Pile 3, face ouest - maçonnerie contemporaine parementée (M 6) sous la zone restaurée UC 30	O	CC	17/10/16
PN209	Pile 3, face ouest, épaulées 1 et 2, &e arase de briques - reprise en sous-oeuvre (UC 27)	O	CC	17/10/16
PN210	Pile 3, face ouest - maçonnerie UC 27 contre la maçonnerie antique arrachée, et M 11	O	CC	17/10/16
PN211	Pile 3, face ouest, fourure de l'aqueduc et reprise en sous-œuvre, détail		CC	17/10/16
PN212	Pile 3, face ouest, détail du mortier romain auquel vient se coller le mortier de reprise en sous-œuvre		CC	17/10/16
PN213	Pile 3, face sud, maçonnerie contemporaine parementée sous la zone restaurée		CC	17/10/16
PN214	Pile 3, face sud, maçonnerie contemporaine parementée sous la zone restaurée		CC	17/10/16
PN215	Pile 4, face ouest, vue générale		CC	17/10/16
PN216	Pile 4, face ouest, vue générale		CC	17/10/16
PN217	Pile 4, face ouest, côté sud, niveaux d'aménagements contemporains en sous-œuvre		CC	17/10/16
PN218	Pile 4, face ouest, vue générale		CC	17/10/16
PN219	Pile 2, face ouest - vue générale côté sud	O	CC	17/10/16
PN220	Pile 2, face ouest - vue générale côté nord	O	CC	17/10/16
PN221	Pile 2, face ouest - vue générale côté sud	N-O	CC	17/10/16
PN222	Pile 2, face ouest - vue générale côté nord	S-O	CC	17/10/16
PN223	Pile 4, face est, partie supérieure - parement conservé entre les épaulées 3 et 5	E	FE	12/05/16
PN224	Pile 4, face est, partie inférieure - 1e et 2e arases de briques	E	FE	12/05/16
PN225	Pile 4, face nord, 2e et 3e arases de briques - parement en place et maçonnerie arrachée	N-O	FE	12/05/16
PN226	Pile 4, angle nord-est - vue d'ensemble	S-E	FE	12/05/16

N° cliché	Description	Vue depuis	Auteur	Date
PN227	Pile 2, face ouest, épaulée 1- parement antique visible en fond de sondage	O	AD	07/12/16
PN228	Pile 2, épaulées 1 et 2 - vue d'ensemble après décaissement	S-O	AD	07/12/16
PN229	M 2, parement nord - ressaut de fondation du mur postérieur à la maçonnerie antique arrachée de la pile 2	N	AD	07/12/16
PN230	M 2, parement nord - ressaut de fondation du mur postérieur à la maçonnerie antique arrachée de la pile 3	N	AD	07/12/16
PN231	M 2, parement nord - ressaut de fondation du mur postérieur à la maçonnerie antique arrachée de la pile 4	N-O	AD	07/12/16
PN232	Pile 2, angle nord-ouest vu de dessus	N	AD	07/12/16
PN233	Pile 2, angle nord-ouest et face ouest	N	AD	07/12/16
PN234	Pile 2, face nord - parement arraché	N	AD	07/12/16
PN235	Pile 2, face ouest - ressaut de fondation	N	AD	07/12/16
PN236	Pile 2, face ouest - parement antique visible en fond de sondage et ressaut de fondation	N	AD	07/12/16
PN237	Pile 2, face nord - maçonnerie antique arrachée côté nord-ouest	N	AD	07/12/16
PN238	Pile 2, plan - angle nord-ouest visible en fond de sondage	O	AD	07/12/16
PN239	Pile 2, extrémité nord arrachée	O	AD	07/12/16
PN240	Pile 2, angle sud-est - vue d'ensemble après décaissement	S-E	AD	07/12/16
PN241	Pile 2, face sud, épaulées 1 et 2, 1e et 2e arases de briques	S	AD	07/12/16
PN242	Pile 2, angle sud-ouest - vue d'ensemble après décaissement	S-O	AD	07/12/16
PN243	Pile 2, face est - parement antique visible en fond de sondage	S	AD	07/12/16
PN244	Pile 4, face sud - maçonnerie UC.21 contre la maçonnerie arrachée antique	S	AD	07/12/16
PN245	M 7 accolé contre la maçonnerie UC.21	S	AD	07/12/16
PN246	Pile 3, parement est, épaulées 2 et 3, 2e arase de briques - UC.23 au nord formant retour avec M 5	E	AD	07/12/16
PN247	M 6, parement nord - maçonnerie installée sur la maçonnerie antique arrachée de la pile 2	N	AD	07/12/16
PN248	Pile 2, face est - parement antique visible en fond de sondage	S	AD	07/12/16
PN249	Pile 2, face est - parement antique visible en fond de sondage	S	AD	07/12/16
PN250	Pile 1, angle sud-ouest - parement d'angle visible en fond de sondage	O	AD	02/01/17
PN251	Pile 1, angle nord-ouest - vue d'ensemble après décaissement	O	AD	02/01/17
PN252	Pile 1, face ouest - parement partiellement conservé et maçonnerie antique arrachée contre laquelle est installé le mur M 1 au sud	N-O	AD	02/01/17
PN253	M 1, parement sud - vestige du mur M 1 installé sur la maçonnerie antique arrachée de la pile 1	S	AD	02/01/17
PN254	Pile 1, parement ouest - maçonnerie antique arrachée sur laquelle est installé le mur M 1	O	AD	02/01/17
PN255	coupe sud-nord au sud du mur M 1	E	AD	02/01/17
PN256	coupe est-ouest au sud de la pile 1 - canalisation moderne	N	AD	02/01/17
PN257	Pile 1, angle sud-ouest - parement d'angle visible en fond de sondage	O	AD	02/01/17
PN258	Pile 1 - vue d'ensemble après décaissement	S-O	AD	02/01/17
PN259	Pile 1 - vue d'ensemble après décaissement	S-O	AD	02/01/17
PN260	Pile 1 - vue d'ensemble après décaissement	S-E	AD	02/01/17
PN261	Pile 1 - vue d'ensemble après décaissement	S	AD	02/01/17
PN262	coupe est-ouest au sud de la pile 1 - canalisation moderne	N	AD	03/01/17
PN263	Pile 1, parement ouest - maçonnerie antique arrachée sur laquelle est installé le mur M 1	O	AD	03/01/17
PN264	Pile 1, angle sud-ouest - parement d'angle visible en fond de sondage	S	AD	03/01/17
PN265	Pile 1, face sud - vue d'ensemble du décaissement laissant apparaître l'angle sud-ouest de la maçonnerie antique	S	AD	03/01/17
PN266	coupe sud-nord au sud du mur M 1	E	AD	03/01/17
PN267	Pile 1, angle sud-ouest - remblais d'installation du mur M 1	E	AD	03/01/17
PN268	M 1, parement sud - vestige du mur M 1 installé sur la maçonnerie antique arrachée de la pile 1	S	AD	03/01/17
PN269	M 1, parement sud - vestige du mur M 1 installé sur la maçonnerie antique arrachée de la pile 1	S-SO	AD	03/01/17
PN270	M 1, parement nord - vestige du mur M 1 installé sur la maçonnerie antique arrachée de la pile 1	N	AD	03/01/17
PN271	Pile 1, épaulée 1 et voûte - après décaissement	O	AD	03/01/17
PN272	Pile 1, face ouest - ressaut de fondation de la pile et mur M 1 installé sur un niveau de chaux	N	AD	03/01/17
PN273	Pile 1, face ouest, épaulée 1 - maçonnerie antique arrachée, au nord du mur M 1	O	AD	03/01/17

N° cliché	Description	Vue depuis	Auteur	Date
PN274	Pile 1, face ouest, épaulée 1 - détail moellons constituant la base de l'élévation antique	O	AD	03/01/17
PN275	Pile 1, face ouest, épaulée 1 - maçonnerie antique arrachée, au nord du mur M 1	O	AD	03/01/17
PN276	M 1, parement nord - vestige du mur M 1 installé sur la maçonnerie antique arrachée de la pile 1	N	AD	03/01/17
PN277	M 1, parement nord - implantation du mur sur un niveau de chaux	N	AD	03/01/17
PN278	Pile 0, face est, épaulée 1 et voûte - maçonnerie contre laquelle vient s'ancrer le mur M 1	E	AD	03/01/17
PN279	M 1, parement nord - vestige du mur M 1 installé sur la maçonnerie antique arrachée de la pile 0	N	AD	03/01/17
PN280	Pile 0, face est, épaulée 1 et voûte - vue d'ensemble	N-E	AD	03/01/17
PN281	Pile 1, extrémité nord arrachée	O	AD	03/01/17
PN282	Pile 3, parement ouest, épaulée 1, le arase de briques - parement antique visible en fond de sondage	O	AD	03/01/17
PN283	M 4, parement sud - maçonnerie venant s'ancrer contre la maçonnerie arrachée de la pile 3	S	AD	03/01/17
PN284	Pile 3, face ouest, épaulée 1, le arase de briques - parement visible en fond de sondage et maçonnerie arrachée	N	AD	03/01/17
PN285	M 6 - mur installé sur la maçonnerie arrachée de la pile 3, côté sud	O	AD	03/01/17
PN286	Pile 3, angle sud-est - parement visible en fond de sondage sous le mur M 6	E	AD	03/01/17
PN287	M 10, parement est - fondation et remblais d'installation du mur postérieurs à la maçonnerie antique de la pile 3	E	AD	03/01/17
PN288	Pile 3, face sud - parement antique visible en fond de sondage	S	AD	03/01/17
PN289	Pile 3, face sud - parement antique visible en fond de sondage, sur lequel s'installe le mur M 6 puis l'UC 30	S	AD	03/01/17
PN290	Pile 3, face sud - vue d'ensemble après décaissement, M 6 et UC 30	S	AD	03/01/17
PN291	Pile 3, face est - parement antique visible en fond de sondage, sur lequel s'installent les constructions modernes puis l'UC 30	E	AD	03/01/17
PN292	Pile 3, angle sud-est - vue d'ensemble après décaissement	S-E	AD	03/01/17
PN293	Pile 3, face est - extrémité sud totalement reprise par des maçonneries modernes, dalle de pierre (seuil?)	E	AD	03/01/17
PN294	Pile 4, angle sud-ouest - en cours de décaissement	S-O	AD	03/01/17
PN295	coupe nord-sud - M 7 installé sur la maçonnerie arrachée de la pile 4	O	AD	03/01/17
PN296	Pile 4, face sud - angle sud-ouest du parement antique visible en fond de sondage et murs installés sur la maçonnerie arrachée	S	AD	03/01/17
PN297	Pile 4, face ouest - parement antique visible en fond de sondage	S	AD	03/01/17
PN298	Pile 4, face ouest - angle sud-ouest du parement antique visible en fond de sondage	O	AD	03/01/17
PN299	Pile 3, face nord - maçonnerie arrachée à l'extrémité nord, sous les murs M 4 et M 5	O	AD	03/01/17
PN300	Pile 3, face nord - massif maçonné de galets installé sur la maçonnerie antique arrachée et recouvert par le mur M 4	N	AD	03/01/17
PN301	Pile 3, angle nord-ouest - massif maçonné de galets installé sur la maçonnerie antique arrachée et recouvert par le mur M 5	N	AD	03/01/17
PN302	Pile 3, face nord - M 5 installé sur la maçonnerie antique arrachée	E	AD	03/01/17
PN303	Pile 3, face nord - extrémité ouest du mur M 5 contre lequel est accolé M 4, installés sur la maçonnerie antique arrachée	N	AD	03/01/17
PN304	M 5 installé sur la maçonnerie antique arrachée de la pile 3, côté nord	O	AD	03/01/17
PN305	coupe nord-sud - M 5 installé sur la maçonnerie arrachée de la pile 3	O	AD	03/01/17
PN306	Pile 3, face nord - M 5 installé sur la maçonnerie antique arrachée	E	AD	03/01/17

Annexe 6 : Inventaire de la Documentation Ecrite (E)

TASSIN-LA-DEMI-LUNE (69)

Nom du site : Rue de Boyer, «Les Massues» - Aqueduc de la Brévenne

N° site/Patriarche : 69 244 22 12295

Année : 2016

Parcelle : AR 116

Contenant : pochette cartonnée A4

Code	N°	Description	Auteur	Support
E	1	Cahier de fouilles	A. Devillechaise	cahier 17x22cm
E	2	Notes de fouilles	F. Eschbach	14 feuilles A4
E	3	Inventaire papier des US 1 à 9	A. Devillechaise	9 feuilles A4
E	4	Inventaires de terrain divers (murs, US)	AD +FE	3 feuilles A4
E	5	schémas de localisation des minutes sur élévations d'ensemble, épaulées.	A. Devillechaise	7 feuilles

Annexe 7 : Inventaire de la Documentation Numérique (DN)

TASSIN-LA-DEMI-LUNE (69)

Nom du site : Rue de Boyer, «Les Massues» - Aqueduc de la Brévenne

N° site/Patriarche : 69 244 22 12295

Année : 2016

Parcelle : AR 116

Contenant : DVD DN.1 (XX Go) et DN.2 (XX Go) dans pochette cartonnée d'archives

Deux versions numériques du rapport ont été jointes aux exemplaires papiers transmis au SRA:

- 1 version pdf Basse Définition (archivage)
- 1 version pdf Haute Définition (impression)

Contenu du DVD DN.1				
Nom dossier	Poids	Nom fichier	Format	Auteur
EN.1_Rapport_Inventaires	572 Ko	Annexe 1 : Inventaire des maçonneries	.xlsx	A. Devillechaise
		Annexe 2 : Inventaire des US et UC	.xlsx	A. Devillechaise
		Annexe 3 : Inventaire des Prélèvements de mortier	.xlsx	A. Devillechaise
		Annexe 4 : Inventaire des minutes	.xlsx	équipe archéo
		Annexe 5 : Inventaire des photos numériques	.xlsx	A. Devillechaise
		Annexe 6 : Inventaire de la documentation écrite	.xlsx	A. Devillechaise
		Annexe 7 : Inventaire de la documentation numérique	.xlsx	A. Devillechaise
GN.1_scans_minutes	32,6 Mo	26 fichiers: 692442212295_G01 à G26	.jpeg	équipe archéo
GN.2_Rapport_Figures	285 Mo	Liste des figures	.docx	F. Eschbach
		48 fichiers: Fig.01 à 48	.ai	équipe archéo
PN.1_photos_numeriques	1,96 Go	306 fichiers: PN001 à PN306	.jpeg	équipe archéo
GN.3_Ortho_Archeotech	404,2 Mo	Doc_Archeotech: dossier orthophoto		O. Feilh
	62 Mo	Face_N: 6 fichiers	.dwg; .jpg; .pdf	
	64,4 Mo	Face_S: 7 fichiers	.dwg; .jpg; .pdf	
	2,6 Mo	Pile_0: 3 fichiers	.dwg; .jpg; .pdf	
	7,1 Mo	Pile_1: 6 fichiers	.dwg; .jpg; .pdf	
	9,5 Mo	Pile_2: 6 fichiers	.dwg; .jpg; .pdf	
	9 Mo	Pile_3: 6 fichiers	.dwg; .jpg; .pdf	
	11,7 Mo	Pile_4: 6 fichiers	.dwg; .jpg; .pdf	
	191,6 Mo	Tassin_3D: 9 fichiers	.ply; .jpg; .pdf	
	9,9 Mo	Vue_Est: 3 fichiers	.dwg; .jpg; .pdf	
36,3 Mo	Zenithal: 4 fichiers	.dwg; .jpg; .pdf		

Plateforme : Apple Mac

Système : OSX 10,8,5

Versions logiciels :

Microsoft Word (.docx) : version 2011

Microsoft Excel (.xlsx) : version 2011

Adobe Illustrator (.ai) : version CS 5

Adobe Photoshop (.jpg) : version CS 5