

MISSION ARCHÉOLOGIQUE FRANÇAISE
« LA GESTION DE L'EAU À *BAELO CLAUDIA* DURANT L'ANTIQUITÉ »
(ESPAGNE)



Dossier de candidature au Prix Clio 2019

Laetitia Borau (CNRS, Institut Ausonius)



CASA DE
VELÁZQUEZ



Université
BORDEAUX
MONTAIGNE



CONJUNTO ARQUEOLÓGICO
DE BAELO
CLAUDIA

PRÉSENTATION DE LA MISSION

Baelo Claudia est l'un des sites les plus importants du détroit de Gibraltar, pour la connaissance de l'époque romaine et surtout l'un des mieux conservés de la Péninsule ibérique. Son équipement hydraulique particulièrement bien développé a nécessité précocement l'intervention d'ingénieurs romains spécialisés dont témoignent plusieurs aménagements originaux, mis en évidence récemment par nos recherches de terrain. Néanmoins, son centre monumental est à l'origine de la renommée du site, en raison de son parfait état de conservation. La ville romaine est établie à l'époque Républicaine, dans une baie, face au Maroc. Elle joue le rôle de port de transbordement de voyageurs et de marchandises entre l'Hispanie et l'Afrique. Si les premiers vestiges attestés datent du II^e siècle av. J.-C., ce sont les niveaux d'époque augustéenne qui témoignent d'une véritable structuration urbaine (fig. 1) matérialisée par l'édification du premier rempart, l'implantation de la trame viaire et l'installation d'un *forum*. Après un tremblement de terre, son essor, lié à son intense activité économique due à la production de salaisons de poissons, s'accroît entre le milieu du I^{er} siècle et le début du II^e siècle ap. J.-C. : l'image de la ville, telle qu'on la connaît aujourd'hui se fixe alors à cette époque avec une reconstruction du rempart (fig. 2) et du *forum* central, dominé par les temples de la triade capitoline et le temple d'Isis, un théâtre, de multiples *cetariae*, des habitations (seules deux sont connues), l'ensemble s'intégrant dans un maillage de rues bordées de boutiques, parfaitement organisées.

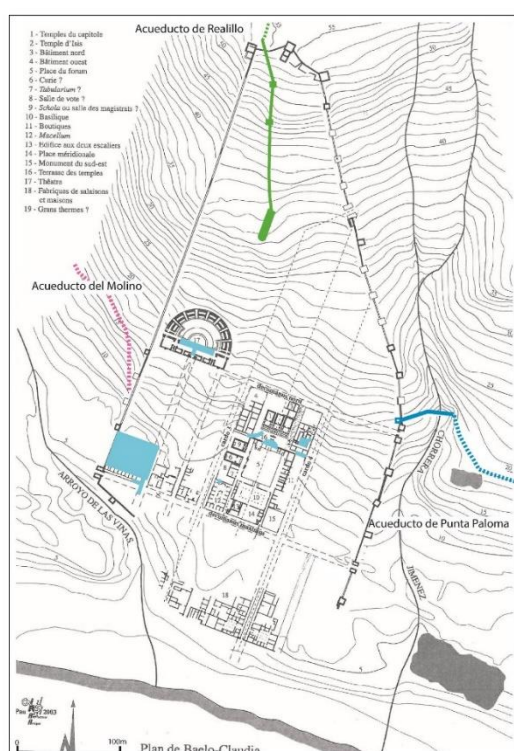


Fig. 1 : Plan de la ville de Baelo Claudia et localisation des structures hydrauliques © M. Fincker (IRAA), L. Borau (Ausonius)

Fig. 2 : Fouille de l'aqueduc (2018) et de sa connexion avec le rempart © L. Borau

Baelo Claudia constitue un cas d'étude très riche pour l'analyse de l'ingénierie hydraulique romaine et de la gestion de l'eau dans le contexte spécifique d'une région soumise à un climat semi-aride. En dépit de son importance relative, puisqu'il s'agit d'un *municipio* de moyen importance, la ville disposait de trois voire de quatre aqueducs, fait exceptionnel pour une ville de ce statut et dont le nombre est équivalent à celui des capitales provinciales telle que Cordoue ou Mérida. Un seul *castellum aquae* est pour l'heure reconnu dans les quartiers nord de la ville. Plusieurs fontaines devaient constituer les points de collecte le long des rues. Cependant, seules les fontaines participant à la scénographie urbaine ont été mises au jour pour l'instant, telle que la fontaine monumentale ornant la partie septentrionale du *forum* au pied du Capitole ou les fontaines du théâtre agrémentées de silènes le long du *pulpitum*. On ignore également comment l'eau parvenait aux deux édifices thermaux, aux habitations ainsi qu'aux usines à salaison de poisson, grandes consommatrices d'eau. L'ensemble était complété par des égouts dont plusieurs tronçons ont été mis en évidence autour de l'espace public principalement. Ces équipements d'adduction, de stockage, de distribution et d'évacuation d'eau sont liés aux activités domestiques, économiques, cultuelles, sportives ou politiques – évergétisme en particulier. Ainsi, toutes les composantes d'un réseau hydraulique complet sont bien représentées à Baelo Claudia mais elles n'avaient jamais été étudiées de manière exhaustive, alors que leur étude confirme l'originalité et la complexité de leur conception.

Si des recherches sporadiques ont été faites au début du XX^e siècle (par P. Paris) puis dans les années 1970-1980 (par A. Jiménez et P. Sillières), de nouvelles recherches archéologiques sur la question de la gestion de l'eau, sont engagées depuis 2013 et centrées davantage sur les techniques hydrauliques et le contexte environnemental et urbain dans lequel ce réseau s'intègre. Cette mission archéologique porte à la fois sur le territoire du *municipio* à travers l'étude de ses aqueducs mais aussi sur l'organisation urbaine intra-muros de ces différents

équipements hydrauliques en s'appuyant sur une équipe pluridisciplinaire. Le travail strictement archéologique se décline en campagnes de prospections pédestres (réalisées en 2013, 2014, 2019) et en fouilles archéologiques (effectuées depuis 2015). En 2017, la richesse de ces premiers résultats a permis l'obtention d'un « Proyecto General de Investigación » auprès de la Junta de Andalucía d'une durée de 6 ans. Cette mission archéologique française comprend plusieurs volets à la fois scientifique soutenu par la Casa de Velázquez et le Conjunto arqueológico de Baelo Claudia, mais aussi de formation et de valorisation en partenariat avec le laboratoire AUSONIUS, l'Université Bordeaux Montaigne et le Labex Sciences Archéologiques de Bordeaux pour la création depuis cette date d'un atelier international d'archéologie *in situ*.



Fig. 3 : Tracé sous SIG des aqueducs de Baelo Claudia et localisation du site © C. Coutelier (Ausonius), L. Borau

En complément, l'utilisation de nouvelles technologies pour réaliser les relevés topographiques et photogrammétriques permettent de préciser le nivellement des conduits, l'organisation du système hydraulique (fig. 3) et de restituer, en totalité ou en partie, certaines composantes du réseau en proposant notamment des modélisations en 3 dimensions. Les études de mobilier archéologique, complétées par des études plus ponctuelles de datation par OSL, mais aussi des analyses ichtyologique, parasitopathologique et sismologique fournissent des données complémentaires relatives à la chronologie et aux occupations à proximité de ces aménagements hydrauliques.

Une partie des résultats issus de ces nouvelles campagnes de terrain ont déjà fait l'objet de plusieurs publications récentes et cette mission archéologique est toujours en cours. Par conséquent, nous ne présentons dans cet exposé que l'état d'avancement de cette recherche en insistant sur certaines particularités plus spécifiquement des structures d'adductions d'eau. En complément de ces recherches de terrain, nous souhaiterions développer plus particulièrement à l'avenir les aspects chronologiques, grâce au soutien du Prix Clio.

1. L'APPORT DES NOUVELLES RECHERCHES SUR LE RÉSEAU D'ADDUCTION D'EAU

La baie de Baelo Claudia est encadrée de petites montagnes aux pieds desquelles jaillissent les principales sources qui ont été canalisées au moment de la construction des aqueducs. Or, l'obligation de capter une source abondante et suffisamment élevée est conditionnée par le point d'aboutissement c'est-à-dire le château d'eau, dont la position à une altitude suffisante permet d'alimenter le plus grand nombre de quartiers. L'une des principales originalités de cette recherche est la mise en évidence de la bonne conception du réseau hydraulique et du rôle des architectes, ingénieurs et topographes romains : ces derniers se sont attachés à élaborer toute une série de structures destinées à contrecarrer les problèmes de pente dus à la topographie accidentée du parcours rural mais aussi urbain. Ils ont donc créé des aménagements de sécurité, évitant ainsi des débordements, des destructions ou des fuites afin d'assurer le maintien des structures hydrauliques de manière pérenne.

1.1 L'AQUEDUC SEPTENTRIONAL

L'aqueduc septentrional de Realillo de 4 km de longueur n'est connu que dans sa partie urbaine (fig. 3). Le conduit serpente dans la ville et aboutit à une structure qui a toujours été considérée comme une « citerne » installée dans le quartier nord de la ville et que nous avons récemment interprétée comme un véritable *castellum aquae*, comparable à celui d'Ostie, mais plus petit puisque l'un mesure 125 m²

alors que l'exemplaire italique atteint 403 m² (pour un taux de remplissage de 2,50 m de hauteur). Bien que le canal soit très modeste (0,20 m de hauteur et de largeur), les ingénieurs n'ont pas hésité à édifier un dispositif original et encore peu étudié, appelé « puits de rupture de pente » et absent de la littérature technique antique (Vitruve, Frontin notamment) : celui-ci est établi lorsqu'un conduit doit franchir une pente trop abrupte. Ce véritable escalier hydraulique se compose d'un canal connecté en amont à un puits de profondeur variable, à la base duquel se présente un canal de fuite. Plusieurs puits de ce type peuvent être disposés en série formant alors une cascade de puits de rupture de pente. Après cette brusque chute, l'eau ainsi ralentie dans sa course, reprend un écoulement gravitaire normal à l'intérieur du canal.



Fig. 4-5 : Puits de rupture de pente et bassin de décantation fouillés en 2016 ©L. Borau

Deux puits de rupture de pente ont été mis en évidence sur cet aqueduc septentrional – mais il doit en exister d'autres extra-muros – et l'un d'eux a été fouillé en 2016 pour la première fois dans la Péninsule (fig. 4). La mise en place de ces aménagements dans le parcours urbain du conduit s'explique par la topographie accidentée du secteur. Le puits de rupture de pente, d'un diamètre de 0,90 m, permet à l'eau transportée par l'aqueduc de chuter de 1,80 m de hauteur puis de reprendre un parcours souterrain. Cependant, *Baelo Claudia* ne constitue pas un *unicum*. Nous avons recensé plusieurs villes dotées de tels aménagements : Cordoue, Autun, Lyon ou Skikda par exemple. Cependant, la documentation est assez inégale et rares sont les ouvrages à avoir été fouillés ou à être dans un état de conservation satisfaisant, c'est pourquoi les exemplaires beloniens sont si précieux.

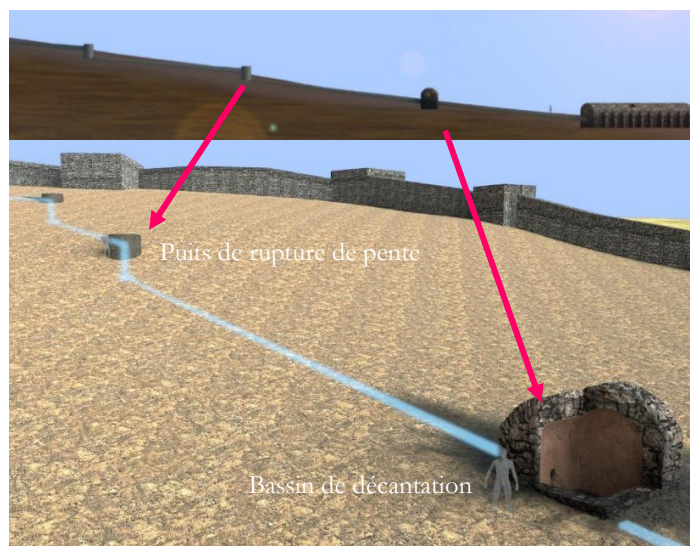


Fig. 6 : Restitution des élévations des puits de rupture de pente, du bassin de décantation, du château d'eau et du tracé de l'aqueduc © Fl. Comte (Ausonius)

À 45 m en aval, une seconde structure singulière (fig. 5) a été mise au jour : il s'agit d'une *piscina limaria* – bassin de décantation – elle-même installée de manière à faciliter la transition entre deux replats. Celle-ci mesure 3,30 m de côté et 1,34 m de profondeur : sa capacité maximale est estimée à près de 15 m³. L'eau ainsi purifiée de ses sédiments peut rejoindre le château d'eau situé à une distance de 50 m. Peu de structures de ce type ont été fouillées dans l'Empire romain : toutefois on peut comparer cette *piscina limaria* à celle située en amont du pont de Los Milagros à Mérida et à celle du pont-aqueduc de Ségovie.

En observant attentivement la topographie, on comprend parfaitement les raisons qui ont poussé les constructeurs à implanter sur ce tronçon du parcours de l'aqueduc, ces structures destinées à ralentir le débit de l'eau, car chacune se situe précisément au niveau d'une rupture de pente. On peut désormais restituer l'ensemble du fonctionnement de ces deux dispositifs si ingénieux et en proposer une modélisation (fig. 6).

1.2 L'AQUEDUC OCCIDENTAL



Fig. 7 : Voûte du bassin de décantation de l'aqueduc occidental rappelant celui de l'aqueduc septentrional © L. Borau

Le second aqueduc, dit du Molino de Sierra de la Plata (fig. 3), a seulement été étudié au travers de campagnes de prospections pédestres en 2013-2014, puis en 2018, mais nous avons d'ores et déjà pu observer différentes particularités architecturales, qui ne sont pas sans rappeler celles de l'aqueduc septentrional. Ce petit conduit d'1 km de longueur capte une source à l'ouest de la ville et devait au moins alimenter les thermes de l'ouest, dits de la Porte de Gades.

Nous avons établi que le canal est réalisé selon différentes techniques pouvant être liées soit à des phases de construction différentes, soit à une adaptation de la technique au contexte géologique. Un élément de maçonnerie s'apparentant à une voûte effondrée pourrait correspondre à **un nouveau bassin de décantation**, avant le franchissement de la vallée par l'aqueduc sur un pont qu'il reste à découvrir, lui permettant ensuite de gagner la ville. Or, nous avons découvert que l'association d'un bassin de décantation et d'un pont-aqueduc s'observe sur l'aqueduc de Nîmes (en amont du pont du Gard) et sur l'aqueduc de Cologne. Par ailleurs, si quelques tronçons du canal sont bien visibles, près du rempart occidental de la ville, son point d'aboutissement doit encore être localisé (château d'eau, fontaine...).

1.3 L'AQUEDUC ORIENTAL



Fig. 8-9 : Pont-aqueduc précédé d'un puits de rupture de pente et restitution © L. Borau, Fl. Comte

L'aqueduc oriental de Punta Paloma (fig. 3) est le conduit le plus long puisqu'il atteint 6,5 km et le plus complexe. Il a été édifié à partir de matériaux locaux expliquant ainsi les changements de construction au fil de son parcours. Dans la partie implantée dans les dunes, le canal en béton coffré est réalisé à partir d'un calcaire coquiller et fermé par d'étonnantes dalles convexes de même nature, alors que sur le reste de son tracé, un grès dur est mis en œuvre dans la maçonnerie et pour la couverture. Le canal mesure 0,40 m de hauteur et 0,46 m de largeur. **Les prospections pédestres ont permis de reconnaître une grande partie de son parcours rural ainsi que les cinq ponts-aqueducs construits en grès** : ces derniers ponctuent le tracé au moment du franchissement des cours d'eau dont le régime est très variable et comparable aux oueds marocains. L'étude architecturale permet d'établir un certain nombre de comparaisons morphologiques avec l'aqueduc voisin d'Almuñecar et un emprunt au style archaïsant des ponts routiers de Mérida et de Cordoue. **De plus, les ponts-aqueducs beloniens ont la particularité de comporter en amont ou en aval, un puits de rupture de pente plus ou moins profond** – atteignant 0,50 m à 1,25 m alors que le diamètre est constant d'une valeur de 0,60 m. Ils doivent ainsi jouer le rôle de connecteurs en assurant la liaison entre les parties aériennes et souterraines de l'aqueduc. Les ingénieurs romains ont donc implanté ces dispositifs de sécurité, assurant le ralentissement de l'eau là où l'aqueduc est le plus fragile. Nous avons ainsi pu établir que les mêmes aménagements existent dans des contextes similaires : par exemple, un puits de rupture de pente est installé à l'amont du pont de l'aqueduc de Valdepuentes à Cordoue (0,85 m de diamètre et de 3,30 m de profondeur), un autre se situe en amont du pont-aqueduc de Krafès à Zama (0,95 m de profondeur) et un troisième en amont du pont de Chabet-Ilelouine à Caesare de Maurétanie (0,70 m de profondeur, 2 m de diamètre).

Parvenu aux portes de la ville, cette adduction d'eau franchit le rempart (fig. 2) et semble se connecter à un petit **bassin de décantation inédit** de 2,30 x 2,50 m de côté, soit une superficie de 5,72 m² pour une hauteur conservée de 0,70 m. De ce point, l'aqueduc poursuivait son cheminement vers l'ouest parallèlement au *decumanus* nord dit « du théâtre » – et dont nous avons dégagé les niveaux de destruction – vers son point d'aboutissement qu'il reste encore à découvrir.

Ces aménagements diversifiés et complémentaires observés sur chacun des trois aqueducs traduisent l'importance des moyens mis œuvre pour contrecarrer ces problèmes de pente et maintenir ces réseaux d'eau en état le plus longtemps possible.

2. L'EAU DANS LA VILLE ET L'ENVIRONNEMENT DES RÉSEAUX D'EAU

Contrairement à ce que l'on observe à Pompéi par exemple où le château d'eau est accolé au rempart, deux des aqueducs de *Baelo Claudia* poursuivent leur parcours à l'intérieur de la ville et seul, le *castellum aquae* de l'aqueduc septentrional est connu. Il est intéressant de remarquer que l'aqueduc oriental et en miroir, l'aqueduc occidental, semblent parvenir à la même cote ou du moins, dans le même espace compris entre le théâtre et le Capitole (fig. 1). Par conséquent, les abords du *decumanus* nord doivent constituer à l'avenir une zone de recherche afin d'identifier la ou les structures de stockage et de distribution d'eau.



Fig. 10 : Fontaine monumentale au centre du forum de Baelo Claudia © L. Borau

L'organisation du réseau d'eau intra-muros n'a pas encore été explorée pour l'instant. À *Baelo Claudia*, comme ailleurs, le nombre de fontaines reconnues ne reflète très certainement pas l'équipement d'adduction d'eau d'origine. En effet, une seule fontaine monumentale publique a été reconnue et devait jouer un rôle important puisqu'elle orne le forum au nord. Mais nous l'avons dit, **tout un pan du réseau hydraulique urbain reste à explorer par les futures opérations de terrain** : fontaines de rues, fontaines privatives, alimentation des thermes etc. Ainsi, cette recherche ne se limite pas à une simple étude technique. La maîtrise de l'eau est le reflet des innovations technologiques, des « modes » dans les pratiques constructives, des ressources économiques par les moyens qu'elle mobilise, mais aussi des pratiques sociales en fonction des différents usages dans la ville.

Pour comprendre et restituer toutes ces facettes, **cette mission archéologique a pour ambition de tester et de combiner de nouvelles méthodes par l'apport de nouvelles technologies en collectant un maximum de données sous différentes formes** : c'est ce qu'apporte l'usage de drones, de la photogrammétrie couplée à des relevés au GPS différentiel et exploités dans un SIG, en particulier sur les ponts-aqueducs, mais aussi la fontaine monumentale ou encore les tuyaux en plomb. Ce travail effectué par le **Pôle Humanités numériques du laboratoire Ausonius** permet de proposer des restitutions en 3 dimensions à petite échelle et *in fine*, à l'échelle du site pour restituer le fonctionnement du réseau d'eau dans son ensemble.

En complément, **plusieurs spécialistes enrichissent la connaissance de l'environnement de ces structures hydrauliques afin d'examiner sous un angle nouveau la question de la gestion de l'eau dans les villes romaines**. Ainsi les géomorphologues analysent les fissures visibles sur les aqueducs liées aux problèmes sismiques. Par ailleurs, plusieurs prélèvements ont été réalisés à proximité ou dans les niveaux de comblement des conduits témoignant de « pollutions » contemporaines à l'abandon : zone de rejet de poissons ou présence d'œufs de parasites (ascaridés) par exemple.

Mais, l'étude des ouvrages hydrauliques se heurte à un problème récurrent : la datation de ces structures. Afin d'y remédier, nous souhaitons à l'avenir croiser différentes approches : en premier lieu, nous poursuivons l'étude traditionnelle du mobilier archéologique issu des fouilles et qui demeure une approche efficace mais elle ne date que l'environnement des conduits (habitat ou voie à proximité par exemple) ou leur phase d'abandon – en effet, généralement, une quantité très faible de mobilier lié à la construction des structures hydrauliques est mis au jour. En complément, nous avons fait appel à une archéomètre qui va employer une nouvelle méthodologie de datation par luminescence optiquement stimulée (OSL) des mortiers des maçonneries. Enfin, nous souhaiterions

effectuer un échantillonnage méthodique des sédiments et des mortiers qui renferment des charbons afin d'obtenir des **datations C14**. Ainsi, le soutien du Prix Clío encouragerait le développement à l'avenir de ces approches croisées de manière systématique (particulièrement les datations C14) en permettant d'affiner la chronologie.

ÉQUIPE :

- Archéologue-responsable de la mission : **Laetitia Borau**
- Archéologues : **Caroline Trémeaud** (UMR 8215 – Trajectoires, Nanterre), **Yves Bière** (UMR 5133 ArchéOrient, Lyon), **Cristina Gandini** (Université de Brest), **Clémence Mège** (UMR 5138 Arar, Lyon), **Iván García Jiménez** (Conjunto Arqueológico de Baelo Claudia), **Maria Luisa Millán Salgado** (Conjunto Arqueológico de Baelo Claudia)
- Topographie / SIG : **Clément Coutelier** (AUSONIUS)
- Céramologie : **Marielle Bernier** (AUSONIUS)
- Étude géophysique et sismologique : **Klaus Reicherter** (Université d'Aix-la-Chapelle)
- Étude archéométrique : **Petra Urbanova** (IRAMAT-CRP2A, Bordeaux)
- Photogrammétrie et modélisation : **Florent Comte** (AUSONIUS)
- Étude parasitologique : **Kevin Roche** (AUSONIUS)
- Étude ichtyologique : **Brice Ephrem** (AUSONIUS)

PRINCIPALES COLLABORATIONS :

Casa de Velázquez

Laboratoire AUSONIUS (UMR 5607)

Université Bordeaux Montaigne

Laboratoire IRAMAT-CRP2A (UMR 5060)

Labex Sciences Archéologiques de Bordeaux

Conjunto arqueológico de Baelo Claudia

BIBLIOGRAPHIE :

Borau L. 2019a : « Water management and steep gradient: the example of the roman city of Baelo Claudia (Spain) », in *Aquam Ducere III*, DBS edizioni Seren del Grappa, p. 15-26.

Borau L. Trémeaud C., Bernier M., Coutelier C., Comte F. 2019b : *Prospecciones sobre las estructuras hidráulicas extra e intramuros. Análisis arquitectural y geológico. Estudio del mobiliario arqueológico*, PGI, Informe final, Dirección General de Bienes Culturales, Consejería de Cultura, Junta de Andalucía, 64 p.

Borau L., Trémeaud C., Bernier M., Coutelier C., Comte F. 2018 : *Sondeos arqueológicos: Acueducto de Punta Paloma*, PGI, Informe final 2017-2018, Dirección General de Bienes Culturales, Consejería de Cultura, Junta de Andalucía, 57 p.

Borau L., Mège C. 2017a : « L'eau dans la fabrique de la ville », *Mélanges de la Casa de Velázquez*, 47-1, 97-120.

Borau L. 2017b : « Aqueduc de Punta Paloma (pont de Chorrera), depuis 2014 », in Blázquez Pérez J., Callegarin L., Roldán Gómez L., Muñoz Vicente A., Polak G., *Baelo. 100 años de arqueología, 100 imágenes para la memoria*, Madrid, Casa de Velázquez, p. 266-267.

Borau L., Trémeaud C., Bière Y. 2016 : *Sondeos arqueológicos: estudio de las redes hidráulicas romanas de Baelo Claudia (Tarifa, Cádiz). Pozos de resalto y canales » Actividad Arqueológica puntual, Informe preliminar*, Dirección General de Bienes Culturales, Consejería de Cultura, Junta de Andalucía, 56 p.

Borau L. 2015a : « Difusión de modelos romanos: particularidades técnicas del sistema de abastecimiento de agua a Baelo Claudia », *Archivo Español de Arqueología*, 88, p. 149-169.

Borau L. 2015b : *Réflexions autour de la construction des puits de rupture de pente des aqueducs : mise en perspective des résultats obtenus à Autun (Augustodunum) », in : Borau L. Borlenghi A. (éd.) 2015, Aquae ductus. Actualité de la recherche en France et en Espagne*, Actes du colloque international, 15-16 février 2013 à Toulouse, Suppl. *Aquitania* 33, p. 49-68.

Borau L., Mège C. 2014 : *Agua y acueductos romanos a Baelo Claudia (Tarifa, Cádiz)*, *Actividad Arqueológica de Prospección, Informe*. Dirección General de Bienes Culturales, Consejería de Cultura, Junta de Andalucía, 82 p.

Borau L. 2013 : *Agua y acueductos romanos a Baelo Claudia (Tarifa, Cádiz)*, *Actividad Arqueológica de Prospección, Informe preliminar*, Dirección General de Bienes Culturales, Consejería de Cultura, Junta de Andalucía, 61 p.

BLOGS:

<https://www.casadelazquez.org/recherche-scientifique/fouilles-archeologiques/leau-a-belo/presentation-et-objectifs/>

<https://archeocvz.hypotheses.org/category/programmes-associes/leau-a-baelo-claudia>



Laetitia Borau

Chargée de recherche au CNRS

Laboratoire Ausonius, UMR 5607

Mission archéologique française « La gestion de l'eau à Baelo Claudia durant l'Antiquité » (Espagne)

Institution représentant la mission : Casa de Velázquez