

# Origines, développement et preuves du nettoyage des concrétions calcaires durant le fonctionnement de l'aqueduc gallo-romain de *Divona-Cahors* (Lot)

Origins, development and evidence of cleaning of the limestone concretions during the use of the Gallo-Roman aqueduct of Divona-Cahors (Lot)

Didier Rigal<sup>1</sup>, avec la collaboration de Cees W. Passchier<sup>2</sup>, Gül Sürmelihindi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Responsable d'opérations, Inrap Grand Sud-Ouest, Midi-Pyrénées Nord, impasse de Lisbonne, Albasud, 82000 Montauban – UMR 5608 Toulouse, didier.rigal@inrap.fr

<sup>2</sup> Tektonophysik, Department of Earth Sciences (Institut für Geowissenschaften), Becherweg 21, Johannes Gutenberg Universität, 55128 Mainz - Allemagne

**RÉSUMÉ.** Les opérations de fouilles programmées et préventives effectuées sur l'aqueduc qui alimentait la cité gallo-romaine de Cahors (*Divona*) ont permis de mettre au jour des tronçons partiellement colmatés par des dépôts carbonatés. Ces dépôts présentent un faciès laminé et des variations d'épaisseur le long du tracé de l'aqueduc, selon la morphologie de ce dernier. L'étude récente d'une séquence de dépôts de 28 cm d'épaisseur présentée ici démontre l'entretien antique de la structure hydraulique par l'identification de traces anthropiques de nettoyage, parfois suivis de rechapages à l'aide de mortier de tuileau, dans les séquences sédimentaires.

**ABSTRACT.** The archaeological excavations carried out on the aqueduct that supplied the Gallo-Roman city of Cahors (*Divona*) have discovered sections partially filled with carbonate deposits. These deposits present a laminated facies and variations in thickness along the way of the aqueduct. The recent study of a sequence of deposits 28 cm thick presented here demonstrates the ancient maintenance of the hydraulic structure by identifying anthropic traces of cleaning, sometimes followed by re-capping with hydraulic mortar, in the sedimentary sequences.

**MOTS-CLÉS.** Aqueduc, Gaule romaine, Concrétions carbonatées, Entretien.

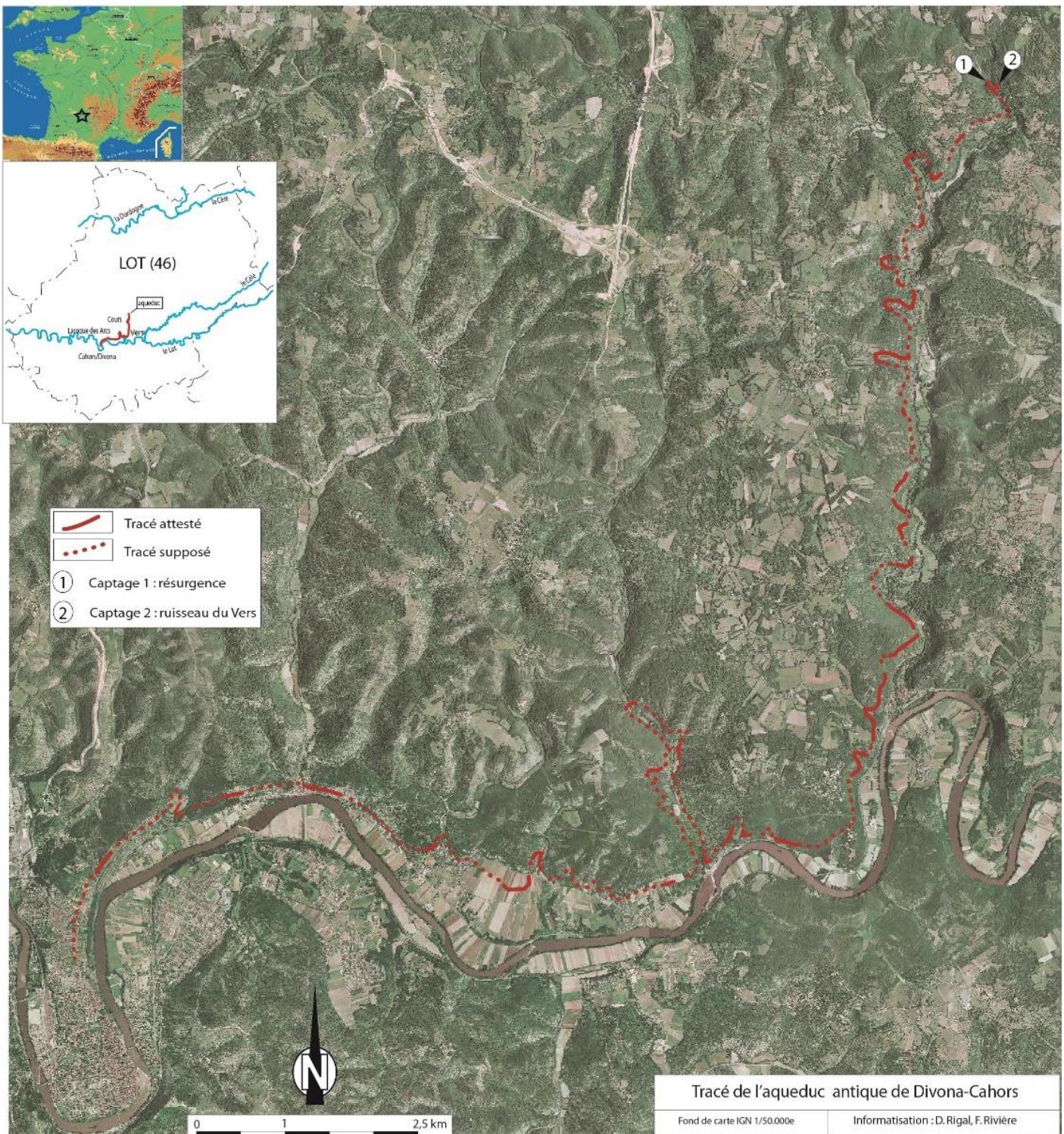
**KEYWORDS.** Aqueduct, Roman Gaul, Carbonate deposits, Maintenance.

## 1. L'état des connaissances

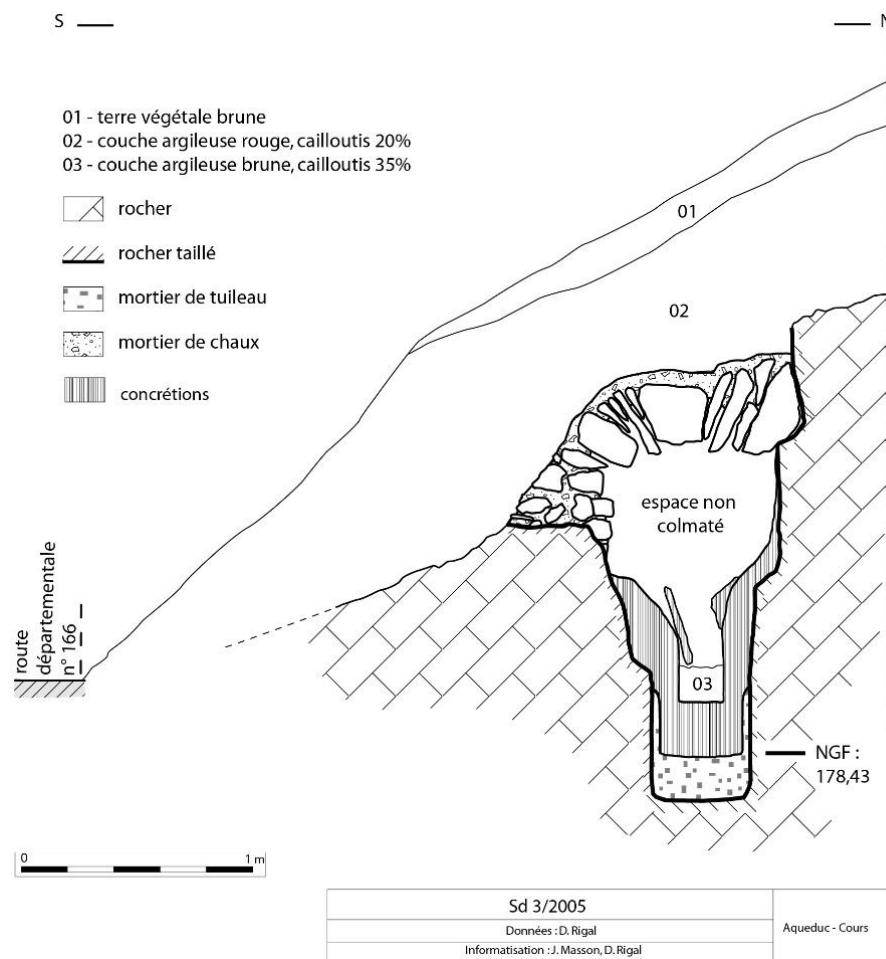
L'aqueduc qui alimentait la cité de Cahors a fait l'objet de fouilles programmées et préventives entre 1994 et 2005 (**figure 1**) (Rigal, 2009, 2011a, 2011b, 2012). L'impossibilité technique de surélever les eaux des résurgences proches ou de la rivière du Lot qui entoure presque entièrement la ville a imposé la construction d'un ouvrage long de 31,6 km, il emprunte les vallées du Vers puis du Lot selon une déclivité de 1,03 m/km. Nous connaissons depuis 2004 son origine, avec un premier captage souterrain au réseau aquifère (nappe phréatique ou résurgence) au pied de l'*oppidum* de Murcens, complété ultérieurement du ruisseau du Vers. Dans une ultime séquence, le ruisseau alimentera seul l'aqueduc.

Le monument, qui s'avère très précoce, est daté par des analyses <sup>14</sup>C et de la céramique entre 10 av. et 15 ap. J.-C. pour un abandon postérieur à la fin du IVe siècle ou au début du suivant. L'aqueduc est taillé dans les falaises, maçonné en tranchée ou supporté par différents ouvrages aériens. Le cuvelage de tuileau est large de 0,32 m à la base et de 0,62 m à 0,53 m de hauteur (section utile 0,31 m<sup>2</sup>), selon un profil trapézoïdal favorisant la vitesse d'écoulement et la collecte des déchets. Pour permettre l'accès lors des phases d'entretien, peut-être aussi pour absorber des sur-débits, la couverture voûtée, se situe de 1,4 à 2,7 m de hauteur (**figures 2 et 3**).

Le souci de réduire l'importance des nécessaires ouvrages aériens est constant. C'est au prix de détours, jusqu'à 5,5 km, à la recherche du talweg, ou d'un rétrécissement des vallons, que les constructeurs parviendront à limiter à 11 ou 12 les grands murs porteurs ou ponts-aqueducs. Le coefficient de rugosité des parois et le volume des abondantes déperditions reste difficile à établir, mais nous estimons le débit théorique à 11.700 m<sup>3</sup>/jour sur canal propre.



**Figure 1.** Développement de l'aqueduc romain de Cahors-Divona. © D. Rigal, F. Rivière



**Figure 2.** Profil « type » de l'aqueduc (Sd. 03/2005). L'ouvrage est adossé à la falaise sur sa rive droite afin d'économiser la maçonnerie et l'on distingue les importants dépôts qui vont rapidement se former au détriment du specus. © J. Masson, D. Rigal



**Figure 3.** L'aqueduc en parfait état de conservation à proximité du premier captage. © D. Rigal

## 2. Sur l'origine des concrétions

L'eau souterraine du premier captage va dégazer après un cheminement de quelques km. Pour sa part, l'eau du ruisseau va déposer, dès la prise d'eau, des concrétions et des dépôts limoneux (**figure 4**). C'est ainsi que les dépôts du premier tiers du parcours semblent provenir essentiellement du ruisseau, tandis que nous retrouverons les dépôts du premier captage dans le second tiers du parcours. Le pic sera atteint entre 5 et 10 km (**figure 5**) ; dans la deuxième partie du développement, les dépôts se raréfient considérablement.



**Figure 4.** A la rencontre des deux captages, on distingue un dépôt très fin sur le captage primaire (à droite), et des dépôts importants, limoneux sur le fond et stratifiés contre les parois sur le captage du ruisseau (à gauche). © D. Rigal



**Figure 5.** Cette section qui se trouve sur la culée aval d'un ouvrage aérien a fait l'objet d'un rechapage et comporte d'importants dépôts. © D. Rigal

## 2.1. Développement des concrétions

L'étude de C. W. Passchier et G. Sürmelihindi ([Passchier et al., 2015](#)) démontre que les eaux de la source et du ruisseau sont riches en  $\text{CaCO}_3$  en solution avec une dureté (TH) de 28-33 °f. Ces dépôts sont très importants dans les passages en falaise qui ont une géométrie du canal irrégulière, dans les sections à faible pente et les virages trop marqués occasionnant de fortes turbulences. Les dépôts sont massifs et peu poreux, avec une stratification nette de lames alternativement sparitiques et micritiques. Les premiers résultats de mesures des isotopes stables montrent que la stratification coïncide avec un changement périodique de  $\delta^{18}\text{O}$ , typique pour une séquence annuelle de ce type de concrétionnement : 2-3 mm, ce qui permettra de déterminer le temps relatif du fonctionnement de l'aqueduc.

## 2.2. Preuves du nettoyage des concrétions

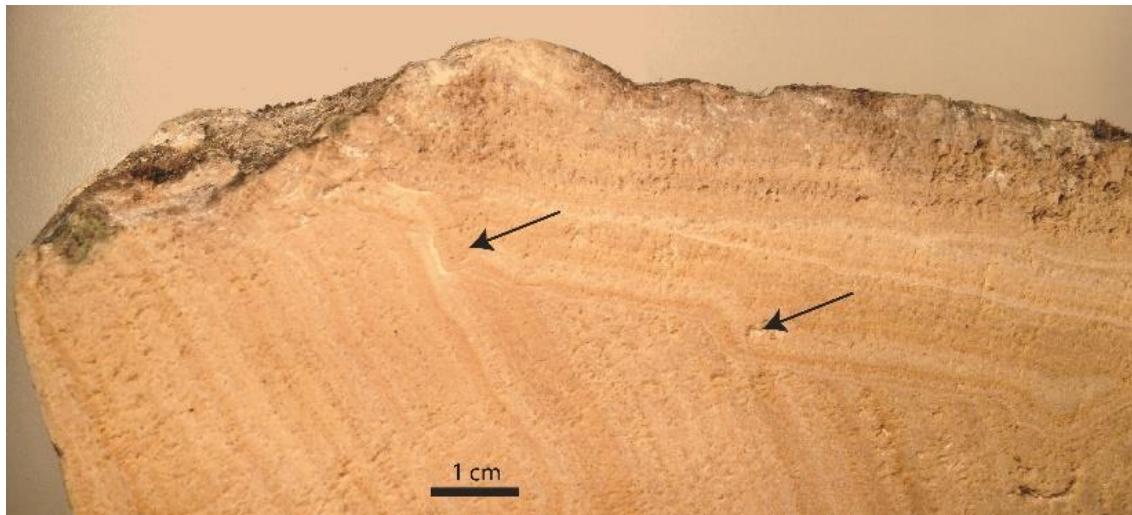
Cet important concrétionnement, atteignant jusqu'à 28 cm sur chaque paroi de l'aqueduc, a nécessité un nettoyage périodique pour éviter le colmatage du canal, ce qui est démontré par l'identification de traces d'outil reconnues en plusieurs endroits. Ces empreintes en diagonale sont laissées par le fer plat d'un marteau taillant, large de 3 à 6,5 cm, parfois recouvertes d'un rechapage du cuvelage de tuileau témoignant de phases d'entretien, ou de concrétions transgressives résultant d'une remise en service ([figure 6](#)). Parfois, les traces de nettoyage ne sont pas visibles en surface, mais dans des coupes avec une stratification régulière dans la partie basse, coupée par plusieurs discordances. Les premières sont très anguleuses, et les dernières sont presque horizontales ([figure 7](#)).



**Figure 6.** Traces de nettoyage à l'aide d'un outil à fer plat et concrétions transgressives sur une paroi du cuvelage.  
© D. Rigal

Les discordances peuvent en théorie être formées par un changement de composition des eaux (température ou quantité de carbonates en solution), eaux qui peuvent être modifiées de super-saturées à sous-saturées en carbonate, ce qui pourrait alors dissoudre dans l'eau les dépôts antérieurs. Dans ces cas, une discordance subhorizontale peut se former quand la dissolution n'est pas régulière. Néanmoins, la géométrie

des discordances de Cahors ne peut être expliquée par la dissolution : ces surfaces coupent la stratification selon un angle fort, et des surfaces planes alternent avec des angles aigus, ce qui provient d'un outil (**figure 8**). Les dépôts proches du radier n'ont pas été atteints, probablement par crainte d'endommager l'*opus signinum*. Une étude plus détaillée de ces lames carbonatées de l'aqueduc est en préparation (Sûrmelihindi et al., 2022, in prep.).



**Figure 7.** Détail d'une coupe montrant des traces de nettoyage à l'aide d'un outil à fer plat (flèches) qui ont recoupé de nombreuses lames, puis le dépôt des nouvelles lames consécutives à la remise en service. © C. W. Passchier, G. Sûrmelihindi



**Figure 8.** Coupe des dépôts calcaires qui obstruaient le specus (largeur : 0,32 m, hauteur : 0,19 m). Une stratification régulière est coupée par des discordances probablement associées à des opérations de nettoyage (traits vert, rouges, rose et bleus). Le bloc contient un horizon de développement de Chironomidae (organisme aquatique) (1), des fragments de roche (2, 3) et d'opus caementicium (4), ainsi que des fragments de dépôts calcaires. © C. W. Passchier, G. Sûrmelihindi

### 3. Conclusion

Cette étude des concrétions carbonatées de l'aqueduc antique de Cahors reflète un aspect nouveau de la recherche sur le fonctionnement et l'entretien de telles structures, recherche qu'il a parfois été difficile de faire partager, soit parce que l'entretien d'un aqueduc était considéré comme impossible, soit que l'on ne

s'intéressait absolument pas à ces dépôts, pourtant riches en informations. Cela démontre, ici comme ailleurs, que la recherche sur les aqueducs ne supporte pas les *à-priori*. Plus que d'autres ouvrages sans doute, cela témoigne des difficultés rencontrées par les constructeurs de ces ouvrages, mais plus encore par les personnels chargés de l'entretien de ces constructions tant audacieuses que fragiles dont les études de cas, soulignant les choix techniques retenus et les savoir-faire locaux, font de ces aqueducs des exemples uniques.

## Conflit d'intérêts

Les auteurs n'ont aucun conflit d'intérêt à déclarer.

## Évaluation

Les rapporteurs de cet article sont Christophe Petit et Julien Curie, et un évaluateur anonyme.

## Responsabilités des évaluateurs externes

Les évaluations des examinateurs externes sont prises en considération de façon sérieuse par les éditeurs et les auteurs dans la préparation des manuscrits pour publication. Toutefois, être nommé comme examinateur n'indique pas nécessairement l'approbation de ce manuscrit. Les éditeurs d'Archéologie, Société, Environnement assument l'entièvre responsabilité de l'acceptation finale de la publication d'un article.

## Références bibliographiques

- Passchier, C. W., Rigal, D., Sürmelihindi, G., 2015. Preuves du nettoyage des concrétions calcaires de l'aqueduc antique de Divona-Cahors. in Borau L., Borlenghi A. dir., Aquae Ductus, Actes du colloque international de Toulouse, 15-16 février 2013 *Aquitania*, suppl. 33, Bordeaux, 2015, 233-242.
- Rigal, D., 2009. Un regard nouveau sur Cahors-Divona, chef-lieu de la cité des Cadurques. *Pallas*. 79, 377-399.
- Rigal, D., 2011a. Avatars et réaménagements de l'aqueduc antique de Cahors. in Abadie-Reynal, C., Provost S. et Vipard P. dir. (2011) : Les réseaux d'eau courante dans l'Antiquité. Réparations, modifications, réutilisations, abandon, récupération, Actes du colloque international, 2009, Nancy, PUR Collection Archéologie et Culture, Rennes, 47-61.
- Rigal, D., 2011b. L'aqueduc de Cahors. in Filippini, A. et al. (2011) : CAG, 46, Le Lot, Paris, 60-68.
- Rigal, D., 2012. L'aqueduc antique de Cahors et ses captages. in Bost, J.-P. (2012) : L'eau : usages, risques et représentations dans le Sud-Ouest de la Gaule et le Nord de la péninsule Ibérique (IIe siècle a.C. – VIe siècle p.C.), Actes du colloque Aquitania, Dax, 25-26 septembre 2009, Aquitania suppl. 21, Bordeaux, 2012, 443-445.
- Sürmelihindi, G., Passchier, C. W., Rigal, D., Wilson, A., Day, C. and Spötl, Ch. in prep 2022: Using carbonate deposits to reconstruct maintenance events in the aqueduct of *Divona* (Cahors, France)