

# Mortiers, bétons et archéologie

Autor(en): **Furlan, Vinicio**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Ingénieurs et architectes suisses**

Band (Jahr): **120 (1994)**

Heft 6

PDF erstellt am: **17.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-78307>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Mortiers, bétons et archéologie

Par Vinicio Furlan,  
professeur, EPFL  
Département  
des matériaux  
1015 Lausanne

Conférence donnée  
le 19 juin 1993  
dans le cadre  
de la Journée  
de l'A<sup>3</sup>E<sup>2</sup>PL  
(voir IAS N° 25 du  
24 novembre  
1993, p. 499:  
«Archéologie  
et sciences  
de l'ingénieur»,  
par Bernard Vittoz)

## Introduction

Lors de fouilles ou d'examen d'anciennes structures en maçonnerie, les archéologues vouent une attention toute particulière aux mortiers et bétons, c'est-à-dire aux agglomérats artificiels de granulats divers, généralement inertes, réunis par un liant et utilisés comme matériaux de liaison, jointoiment ou recouvrement.

Plus encore que le travail de préparation et de mise en œuvre de matériaux naturels tels que la pierre, les mortiers et bétons, par leur caractère artificiel, sont le témoignage d'une technologie plus ou moins élaborée et donc précieux pour situer le niveau des connaissances et du savoir-faire des anciens bâtisseurs.

Avec l'expérience, l'archéologue acquiert généralement des notions sur les mortiers et bétons suffisantes pour lui permettre, sur la base de critères purement visuels, de faire des comparaisons utiles pour établir les étapes d'une construction, voire les dater.

Cependant, une telle approche se révèle parfois trop incertaine, d'où le recours au spécialiste en matériaux qui, en principe, est mieux armé pour caractériser lesdits matériaux. Par des techniques d'examen et d'analyse les plus diverses, il peut, en effet, identifier les granulats et les liants, en évaluer le dosage, détecter la présence d'éventuels adjuvants, déterminer certaines caractéristiques physiques et donc établir des comparaisons bien plus précises.

Dans la conception moderne du travail d'équipe pluridisciplinaire, le spécialiste en matériaux est donc devenu un des partenaires naturels de l'archéologue pour l'identification et la caractérisation des matériaux de fouille et, bien sûr, pour les problèmes complexes posés par leur conservation.

Le but du présent exposé est de donner un aperçu très succinct

de l'évolution du mortier et du béton telle qu'on l'aperçoit à travers les analyses faites à l'occasion de fouilles et lors d'examen divers de restes archéologiques.

## Découverte des premiers liants artificiels

En faisant abstraction des liants naturels, telle l'argile, on peut admettre que la véritable histoire du mortier et du béton commence avec la découverte des premiers liants artificiels, le plâtre et la chaux, qui se situe dans la Préhistoire. Elle est certainement le fruit du hasard et très probablement liée à l'habitude de protéger les foyers avec des pierres. On a sans doute constaté que la chaleur modifiait l'aspect et les propriétés de certaines pierres et que l'eau les transformait ultérieurement en pâte susceptible de durcir à l'air pour donner à nouveau une masse solide. C'est le cas des pierres gypseuses et calcaires. Les Egyptiens furent parmi les premiers à utiliser le plâtre, notamment pour le jointoiment des blocs de la pyramide de Chéops (vers 2600 av. J. C.). Les très belles et typiques peintures murales égyptiennes sont aussi réalisées sur un enduit de plâtre appliqué souvent sur des enduits d'argile mêlée à de la paille. Mais c'est par les civilisations grecque et romaine que le mortier de chaux nous est parvenu.

En effet, des fouilles ont attesté que les constructeurs grecs connaissaient les liants artificiels depuis une époque très reculée.

## Mortiers grecs

C'est surtout à partir du VII<sup>e</sup> siècle av. J.-C., que les architectes grecs eurent recours à la technique des stucs et des mortiers d'enduit pour dissimuler l'aspect rude de matériaux de construction comme le tuf. Mais les exemples d'utilisation plus ancienne du plâtre et de la

chaux ne manquent pas. Ainsi, les admirables peintures de Théra (env. XV<sup>e</sup> siècle av. J.-C., fig. 1, actuellement au Musée National d'Athènes) sont réalisées sur un enduit à base de chaux. Toutefois, le mortier de chaux n'a été utilisé en Grèce pour la construction des murs qu'à partir de la fin du II<sup>e</sup> ou du début du I<sup>er</sup> siècle av. J.-C. Dans les constructions antérieures, dont les plus prestigieuses sont réalisées en marbre (monuments de l'Acropole d'Athènes, temples de Delphes, ...), murs et colonnes sont érigés à sec avec une maîtrise exceptionnelle dans la taille, la sculpture et la mise en œuvre de la pierre. Les blocs de pierre des constructions plus ordinaires étaient parfois liés avec un simple mortier de terre et d'argile.

De manière générale, les mortiers grecs sont à base de chaux et de sable fin et les stucs à base de chaux, plâtre et poudre de marbre.

Occasionnellement, on a ajouté au mélange chaux-sable de la poudre volcanique ou terre de Santorin, donc des matériaux à caractère pouzzolanique susceptibles d'améliorer les propriétés du mortier. Parfois, on a utilisé également de la tuile ou brique pilée (tuileau), dont le premier emploi connu remonte à l'époque de la construction des citernes de Jérusalem (sous Salomon, au X<sup>e</sup> siècle av. J.-C.).

Les mortiers grecs présentent une grande variété d'aspect et des caractéristiques souvent intéressantes, mais manquent d'un véritable support technologique.

## Mortiers et bétons romains

La civilisation romaine, en améliorant les procédés de fabrication de la chaux et les techniques de mise en œuvre du mortier, a jeté la base technologique d'une nouvelle manière de construire et, en la vulgarisant, elle l'a répandue dans tout l'Empire.

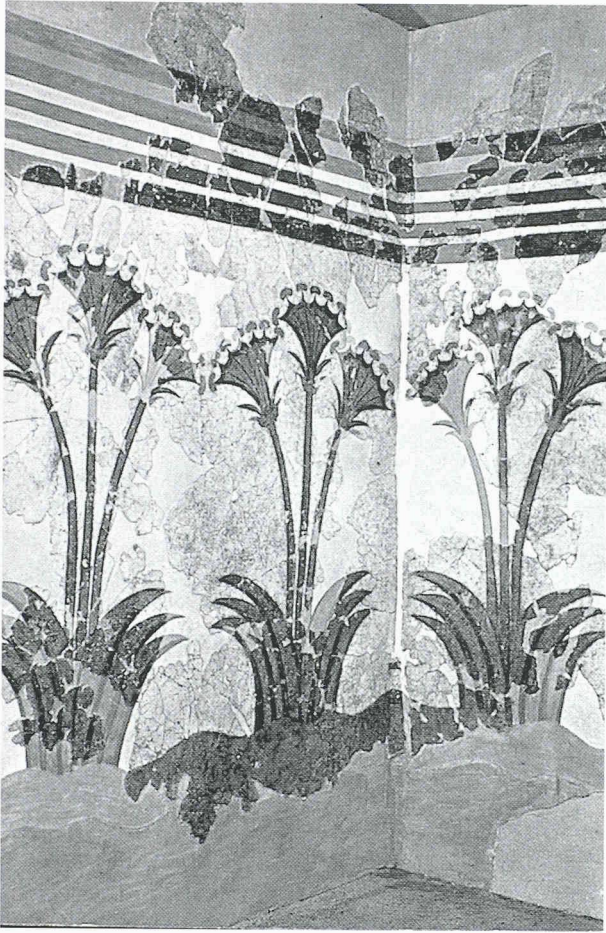


Fig. 1. — Théra. Peinture murale (env. XV<sup>e</sup> siècle av. J.-C.) sur enduit à la chaux

Une des plus anciennes mentions de l'*opus caementicum* se trouve chez Caton (II<sup>e</sup> siècle av. J.-C.) qui, dans *De re rustica*, décrit déjà une construction *ex calce et caementis*.

Le mortier était utilisé massivement pour noyer un blocage de galets de toutes dimensions au cœur des murs, formant ainsi un vrai béton compact entre les deux parements appareillés. La masse était tassée avec des pi-

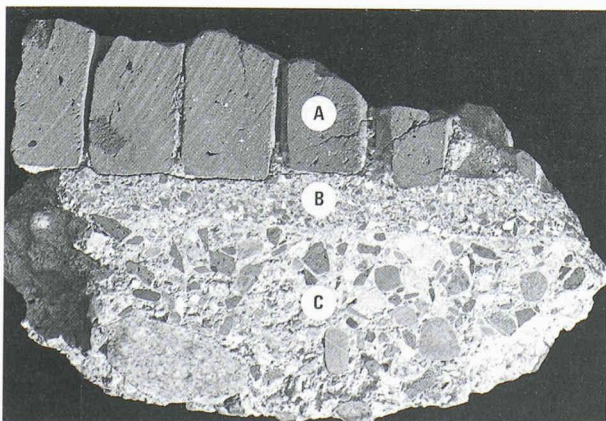


Fig. 3. — Lousonna-Vidy: dallage en briques de terre cuite (A) d'époque romaine (env. II<sup>e</sup> siècle apr. J.-C.) sur une chape (B) et un béton (C), d'excellente qualité, contenant du tuileau

lons, de manière à remplir absolument tous les interstices et chasser la moindre bulle d'air. Bien que certains types d'ouvrages tels que l'aqueduc de Ségovie (II<sup>e</sup> siècle apr. J.-C.) soient encore et tardivement réalisés en pierre sèche, dès les deux derniers siècles de la République (II<sup>e</sup> et I<sup>er</sup> siècles av. J.-C.), la nouvelle technique de construction se développa et se généralisa rapidement, supplantant les systèmes précédemment utilisés tels que l'*opus quadratum* (gros blocs ajustés sans mortier) et l'*opus latericium* primitif, en *later crudus*, ou briques sèches. Un des sommets de l'art de bâtir romain est représenté par le Panthéon (118-123 apr. J.-C.), figure 2, dont la coupole, de 43 m de diamètre avec un orifice de 9 m au sommet, est en béton léger. Comme granulats, on a en effet utilisé de la pierre ponce.

Les auteurs romains tels que Caton, Pline et surtout Vitruve dans son *De architectura*, ont défini de manière très précise la fabrication, le dosage et la mise en œuvre du mortier et du béton. Cependant, l'exceptionnelle durabilité des constructions romaines a fait naître une sorte de légende. On a prétendu, en effet, qu'elle était liée à des secrets de fabrication et notamment à des adjonctions très spéciales.

A la lumière de nombreuses analyses effectuées à ce jour, on peut affirmer qu'il n'y a pas de secret; l'exceptionnelle qualité des mortiers et bétons romains tient essentiellement à la cuisson et à l'extinction parfaites de la chaux, au dosage précis, à l'homogénéité des mélanges et à une mise en œuvre particulièrement soignée. Cependant, une innovation très importante des Romains a été l'utilisation systématique de pouzzolane et de tuileau, matériaux employés seulement occasionnellement par les Grecs.

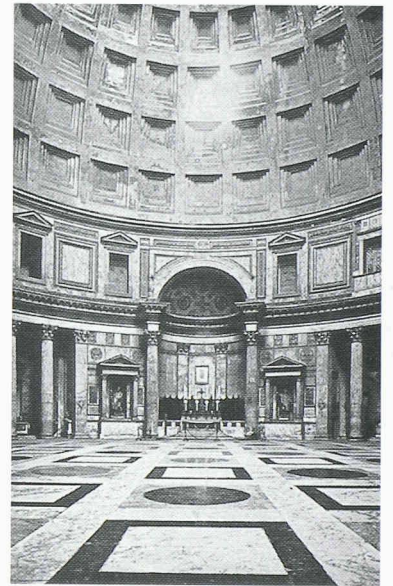


Fig. 2. — Rome: vue de l'intérieur du Panthéon (118-123 apr. J.-C.) dont la coupole, de 43 m de diamètre avec un orifice de 9 m, est construite en béton léger.

Le tuf volcanique, que l'on trouve dans la baie de Naples et dont la meilleure variété provenait de Pozzuoli (d'où le nom de pouzzolane donné ensuite à tout matériau ayant des propriétés similaires), réagit avec la chaux et donne des composés ayant une forte analogie avec les produits d'hydratation des liants hydrauliques modernes. Il confère aux mortiers et bétons de chaux une meilleure résistance mécanique et une meilleure tenue à l'action de l'eau douce et salée.

Le tuileau peut aussi réagir avec la chaux et donc avoir un certain caractère pouzzolanique mais, par sa porosité, il permet surtout une meilleure et plus rapide carbonatation de la chaux. La figure 3 montre un exemple typique de technologie romaine pour la construction d'un dallage (Lousonna-Vidy, env. II<sup>e</sup> siècle apr. J.-C.). En particulier dans le domaine des revêtements muraux, la technique d'exécution des crépis romains est restée inégalée. Lorsqu'il s'agissait de supports de peintures murales, ceux-ci comportaient jusqu'à

sept couches de mortier, dont les quatre premières étaient réalisées avec du sable grossier et du tuileau, et les trois dernières avec du marbre pilé de plus en plus fin. En comprimant fortement chaque couche de mortier après évaporation de la majeure partie de l'eau de gâchage, on éliminait les fissures de retrait et on obtenait des surfaces d'aspect semblable au marbre.

### Mortiers médiévaux

Après l'éclatement de l'Empire romain, et à la suite des grandes invasions, chaque pays, chaque région va désormais suivre sa propre voie en ne gardant qu'un souvenir estompé de la technologie romaine. Dès lors, les mortiers et bétons varient eux aussi beaucoup de lieu en lieu, d'époque en époque, voire même entre des édifices contemporains. Ils sont très souvent de qualité médiocre, friables, peu homogènes et appliqués sans le tassement caractéristique des constructions romaines; à l'intérieur des murs, il reste souvent de nombreuses cavités. C'est en Italie que le souvenir de la tradition romaine reste le plus vif.

Viollet-Le-Duc a tenté d'établir pour la France une classification chronologique sommaire. Pour les IX<sup>e</sup>, X<sup>e</sup> et XI<sup>e</sup> siècles, il trouve des mortiers de qualité très médiocre, malgré parfois la présence de tuileau, et il attribue la baisse de qualité surtout à la perte des procédés romains de fabrication de la chaux (ce faisant, il sous-estime à notre avis l'importance d'une mise en œuvre très soignée). Dès le XII<sup>e</sup> siècle, époque de construction des grandes cathédrales gothiques, les mélanges sont plus homogènes et les liants de meilleure qualité. Souvent, les mortiers de blocage sont corroyés avec de très gros graviers tandis que les mortiers d'assise et des joints sont réalisés avec

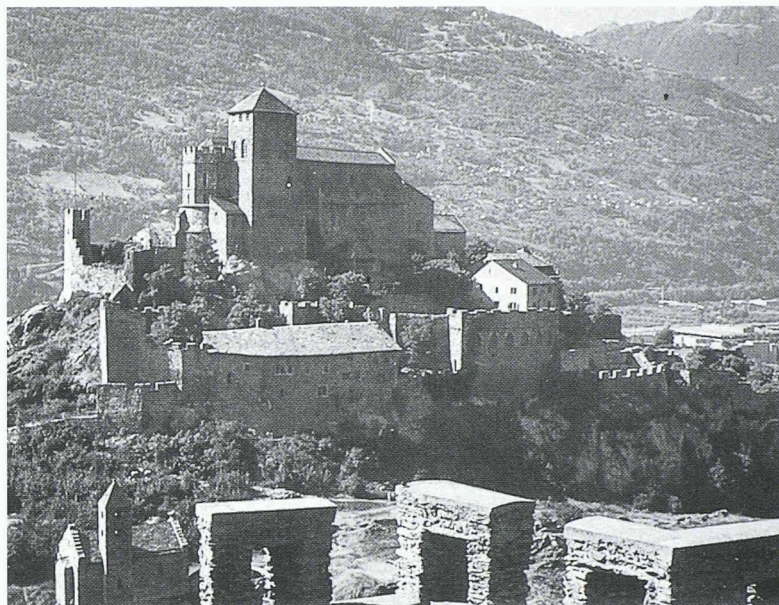


Fig. 4. – Sion: église de Valère vue depuis le château de Tourbillon

du sable fin et de la chaux bien blanche. Au début du XIII<sup>e</sup> siècle, des raisons économiques contraignirent les constructeurs à n'utiliser que très peu de liant et du sable parfois mêlé de terre. Ainsi, les mortiers des cathédrales de Laon, Troyes, Châlons-sur-Marne sont très mauvais. En revanche, aux XIV<sup>e</sup> et XV<sup>e</sup> siècles, la qualité s'améliore à nouveau; on utilise surtout du sable fin, de plaine, qui semble même avoir été parfois lavé pour le débarrasser de toute trace de terre et d'argile.

Dans notre région, ce n'est qu'à la fin du Moyen Age que la construction en pierre a commencé à se généraliser. En effet, pour des raisons économiques autant que par tradition, ce mode de bâtir avait pratiquement été réservé pendant des siècles aux édifices religieux et militaires. La population construisait ses habitations essentiellement en matières inflammables, aussi les agglomérations étaient-elles fréquemment ravagées par de catastrophiques incendies. C'est pour lutter contre ce péril que, dès la fin du XIV<sup>e</sup> siècle, les autorités promulguèrent de nombreuses ordonnances pour imposer la construction en pierre mais, à Lausanne par exemple, ce n'est qu'au XVII<sup>e</sup> siècle que cette nouvelle méthode se généralisa.

Les analyses effectuées sur de nombreux échantillons de mor-

tiers provenant d'édifices allant du VIII<sup>e</sup> siècle à la fin du Moyen Age ont révélé des caractéristiques extrêmement variables. Il semblerait que, dans certaines régions telles que le Valais par exemple, la tradition romaine soit restée plus ancrée que dans d'autres. Ainsi, une récente étude effectuée sur des mortiers, s'échelonnant du XII<sup>e</sup> siècle au siècle dernier, provenant de l'église de Valère (fig. 4), a montré qu'en général ces échantillons reflètent une bonne technologie.

### Conclusions

Après avoir atteint son apogée à l'époque romaine, la technologie du mortier et du béton à la chaux survit au Moyen Age, influencée par des facteurs régionaux. La Renaissance, avec la redécouverte des textes anciens, amorce un retour aux sources, sans produire pour autant de notables progrès.

Pour assister à une véritable révolution, il faudra attendre 1756, lorsque Smeaton, architecte anglais, chargé de construire un phare dans la Manche et désireux de bâtir de manière aussi durable que les Romains, en transgressant leurs principes de fabrication, produit une chaux à partir d'un calcaire argileux.

C'est la découverte des liants hydrauliques et, pour le mortier et le béton, le début des temps modernes.