

# Les secrets du béton romain dévoilés

Par Nathaniel Herzberg *Le Monde* le 18 janvier 2023 Temps de Lecture 3 min.

## Décryptages

Une équipe américaine du MIT a percé le mystère de la résistance hors norme du matériau qu'utilisaient les bâtisseurs antiques. L'ingrédient-clé de la recette : la chaux vive, qui confère au béton romain une capacité d'autoréparation sans limite.

Vue aérienne du Panthéon, piazza della Rotonda, à Rome, en mai 2020. FILIPPO MONTEFORTE / AFP



Le talent des bâtisseurs romains n'est plus à démontrer. Vastes réseaux de routes, ports insubmersibles, palais majestueux : deux mille ans plus tard, les vestiges de ces réalisations témoignent d'une maîtrise qui laisse pantois. Mais qui sait que nombre de ces merveilles ont été construites en béton ? Le Panthéon, à Rome, inauguré en 128 après J.-C., demeure même le plus grand dôme de béton jamais réalisé à ce jour. Quant aux aqueducs antiques, ils restent des pièces essentielles dans le réseau de distribution d'eau de la capitale italienne.

Comment ont-ils fait ? Pour mesurer l'exploit, il suffit de savoir qu'un béton moderne (conçu selon la recette dite « de Portland ») est garanti cent ans. Avec quelques clauses suspensives, comme les tremblements de terre, assez fréquents dans le sud de la Botte. Alors, quel est le secret des bâtisseurs antiques ? Les lecteurs d'Astérix ont évidemment la réponse : ces Romains étaient fous. Argument un peu mince pour les scientifiques qui, depuis des décennies, tentent de percer le mystère. Ces dernières années, leur quête a pris une nouvelle dimension. Car, à elle seule, l'industrie bétonnière est jugée responsable de 7 % à 8 % de l'ensemble des émissions de gaz à effet de serre.

Dans un article publié, vendredi 6 janvier, dans la revue *Science Advances*, l'équipe d'Admir Masic, au Massachusetts Institute of Technology (MIT, Etats-Unis), accompagnée de chercheurs italiens et suisses, vient d'ajouter un élément essentiel à la reconstitution de la recette antique. Selon ces chercheurs, l'exceptionnelle résistance du matériau tient à la présence d'un élément bien connu : la chaux. Mais pas sous n'importe quelle forme : de la chaux vive, la plus réactive, la plus délicate à manier.

## Sur la piste des clastes de chaux

Longtemps, pourtant, les propriétés du béton romain ont été exclusivement attribuées à la pouzzolane, cette roche volcanique dont l'Italie regorge. L'archéologue américaine Marie Jackson avait ainsi, la première, démontré qu'en remplaçant le sable, aujourd'hui utilisé, par cette pierre éruptive pilée et en la mélangeant à des cendres volcaniques et à de la chaux, une réaction de cristallisation donnait naissance à un minéral nommé « stratlingite », dont les lamelles pouvaient combler d'éventuelles failles dans le mortier et ajouter une certaine élasticité.

La coupole vue de l'intérieur du Panthéon, à Rome, en juin 2016. EDWIN REMSBERG /VWPICS / AP

Mais, pour Admir Masic, il manquait encore quelque chose. Lui et ses collègues ont concentré leurs recherches sur les clastes de chaux, ces petits éclats blancs toujours présents dans le béton romain. Et leur analyse spectroscopique a montré que ces inclusions de carbonate de calcium s'étaient formées à haute température. « Une telle réaction n'est pas compatible avec l'utilisation de chaux inactivée, détaille-t-il. A l'inverse, utiliser de la chaux vive dans le mélange puis ajouter de l'eau provoque une réaction qui dégage une chaleur intense et entraîne l'incorporation des clastes dans le mortier. Et ce sont eux qui vont servir de source de calcium pour le processus d'autoréparation. »

Là réside la découverte de l'équipe américaine. Dès qu'une microfissure se forme, elle ne tarde pas à toucher un claste. Et l'eau – de mer dans les ports, de pluie ailleurs – vient achever le processus. Au lieu d'élargir la fissure, comme on le voit habituellement, le liquide réagit avec le claste, crée une solution saturée de calcium qui vient rapidement combler la faille ou boucher les pores, avant que la situation ne se dégrade. Un scénario que semble confirmer l'observation de fissures ainsi réparées dans différents échantillons antiques.



## Résistance « pendant des millénaires »

Mais la démonstration ne pouvait être complète sans expérience. Admir Masic et ses collègues ont produit eux-mêmes des prototypes de béton semi-moderne, autrement dit sans pouzzolane, mais en incorporant de la chaux vive. Ils les ont délibérément fissurés, puis ont fait couler de l'eau. En deux semaines, des fissures de 0,6 millimètre ont été intégralement comblées. A l'inverse, un même échantillon préparé avec de la chaux inactivée n'a jamais retrouvé son étanchéité.

Selon l'équipe américaine, la capacité d'autoréparation d'un tel matériau apparaît presque sans limite. Gel, chaleur, pluies acides, tremblements de terre : à moins d'une contrainte hors norme provoquant un effondrement soudain, les édifices ainsi construits pourraient tenir « pendant des millénaires », assure la publication, sur un ton mi-prophétique, mi-publicitaire. L'équipe a, il est vrai, déposé sa formule et, selon le communiqué du MIT, « travaille à la commercialisation de ce béton modifié ».

Car, entre réduction de la facture énergétique et diminution des gaz à effet de serre, l'enjeu est considérable. Et la quête de la recette miracle se poursuit. « Certains cherchent des polymères à base d'aluminium, et pas de calcium, pour éviter les rejets de CO<sub>2</sub>, d'autres essaient d'améliorer la tenue à la compression, la résistance au vieillissement, tentent de développer des bétons plus légers, ou plus recyclables, ou encore d'abaisser la température de fabrication », résume Pierre Léviz, physicien et directeur de recherche émérite au CNRS. Du haut du Colisée, les Romains nous montrent la voie. Selon les études déjà réalisées, ils chauffaient leur mélange à 800 °C, là où nous portons le nôtre à 1 450 °C. Pour un résultat autrement résistant. *Dura betonex...*