

L'Arche Albumineuse : Comment les Mortiers Anciens Mettent à Nu l'Orgueil de l'Ingénierie Moderne

Par Frank , 3 juillet 2026

L'Arche Albumineuse : Comment les Mortiers Anciens Mettent à Nu l'Orgueil de l'Ingénierie Moderne. Nous souffrons d'un orgueil chronologique



Par Frank Dumon

En tant que civilisation qui bâtit avec du béton autocicatrisant, des armatures en fibre de carbone et une optimisation structurelle algorithmique, nous regardons nos ancêtres avec une affection condescendante. Nous contemplons les cathédrales médiévales ou les forteresses coloniales et nous nous émerveillons qu'elles aient réussi à tenir debout, supposant que leurs bâtisseurs opéraient par

chance aveugle, superstition et grâce à une abondance de main-d'œuvre manuelle. Mais regardons ensuite nos propres infrastructures. Nos viaducs autoroutiers modernes voient germer des fissures structurelles en moins de trois décennies. Nos grat-ciels en béton sont frappés par le « cancer du béton » (réaction alcali-silice) et subissent une dégradation structurelle avant même leur premier centenaire majeur.

Pendant ce temps, les aqueducs romains acheminent toujours de l'eau, les temples mayas endurent les moussons tropicales et les églises coloniales espagnoles aux Philippines résistent à des typhons catastrophiques et à des bouleversements sismiques des siècles après la pose de leurs fondations. Lorsque nous cherchons à comprendre pourquoi ces structures anciennes survivent, nous ne trouvons pas de gaffeurs primitifs. Au contraire, nous découvrons une compréhension étonnamment sophistiquée de la chimie organique, de la science des matériaux et de l'adaptation environnementale — le tout accompli sans le moindre microscope ni simulation informatique.

Nulle part cela n'est plus évident que dans l'utilisation historique des œufs dans la construction.

Pour l'esprit moderne, jeter des milliers d'œufs de cane dans une bétonnière ressemble à un gaspillage absurde de nourriture ou à une superstition rituelle bizarre. Pourtant, la science sous-jacente est d'une intelligence irréprochable. En fait, explorer l'histoire des mortiers albumineux révèle une vérité humiliante : nos ancêtres n'étaient pas primitifs ; ils étaient passés maîtres dans l'art de l'ingénierie contextuelle. S'il y a une conclusion à en tirer, c'est plutôt notre obsession moderne pour les matériaux standardisés et rigides qui prouve que nous ne sommes pas toujours aussi malins que nous le pensons.

La Chimie de l'Œuf

Dans le Mortier, Pas dans la Brique. Pour comprendre pourquoi cette pratique fonctionnait, nous devons d'abord dissiper une idée reçue courante. Le folklore historique suggère souvent que les bâtisseurs anciens mélangeaient des œufs à l'argile utilisée pour façonner les briques elles-mêmes. Bien que des matières organiques aient été ajoutées aux briques pour des raisons spécifiques (que nous explorerons plus tard), les œufs étaient presque exclusivement réservés au mortier et à l'enduit — les matrices liantes qui maintiennent les murs ensemble et les protègent des éléments.

Pendant la majeure partie de l'histoire humaine, le liant standard était le mortier de chaux, un mélange de chaux (oxyde de calcium), de sable et d'eau. Contrairement au ciment Portland moderne, qui durcit par un processus rapide d'hydratation chimique, le mortier de chaux durcit par carbonatation. Il absorbe lentement le dioxyde de carbone (CO₂) de l'atmosphère, passant de l'hydroxyde de calcium au carbonate de calcium (calcite) — redevenant essentiellement de la pierre au fil des décennies, voire des siècles. Bien que le mortier de chaux pure soit remarquablement flexible et respirant, il présente une faible résistance initiale à la traction et peut être très vulnérable à l'érosion par l'eau avant d'être totalement carbonaté. C'est là que les œufs intervenaient. Le Rôle de l'Albumine comme Polymère Naturel. Un blanc d'œuf est composé d'environ 90 % d'eau et 10 % de protéines, la plus dominante étant l'ovalbumine. Lorsque les blancs d'œufs sont introduits dans un mélange humide de chaux éteinte (Ca(OH)₂), une réaction biochimique complexe se produit : •

Dénaturation : L'environnement hautement alcalin du mortier de chaux (souvent un pH supérieur à 12) brise les structures tridimensionnelles repliées des protéines, les déroulant en longues chaînes peptidiques. • **Réticulation** : Ces chaînes protéiques déroulées interagissent avec les ions calcium (Ca²⁺) présents dans le lait de chaux. Elles forment un réseau organique-inorganique dense et hydrophobe (hydrofuge). • **Compactage Microstructurel** : À mesure que le mortier durcit, ce réseau de protéines comble les vides microscopiques au sein du réseau cristallin de la calcite. En terminologie d'ingénierie moderne, les blancs d'œufs agissent comme un superplastifiant et un modificateur de biopolymère. Ils réduisent la quantité d'eau nécessaire pour rendre le mortier maniable, orientent la croissance de cristaux de calcite plus petits et plus uniformes, et créent une structure de matériau nettement plus dense. Le résultat est un mortier plus collant à l'état humide, considérablement plus résistant après durcissement et hautement imperméable à l'eau.

La Palitada Philippine

Architecture de la Survie. L'application la plus spectaculaire et la mieux documentée historiquement de la construction à base d'œufs a probablement eu lieu aux Philippines pendant l'ère coloniale espagnole (XVI^e au XIX^e siècle). Les frères espagnols et les maîtres d'œuvre locaux étaient confrontés à un environnement d'ingénierie brutal, caractérisé par une chaleur tropicale intense, des pluies de mousson torrentielles, une humidité élevée et des tremblements de terre fréquents et violents. Les techniques de construction européennes standard échouaient sous ce climat. L'humidité intense empêchait les mortiers de chaux classiques de sécher correctement, et les fortes pluies lessivaient les couches d'enduit fraîches. Pour protéger leurs structures en pierre et en brique, les bâtisseurs philippins ont

perfectionné la palitada — une couche protectrice de mortier ou d'enduit appliquée sur l'extérieur des murs.

La construction de la célèbre cathédrale de Manille et des églises historiques d'Ilocos et d'Iloilo reposait grandement sur ces mélanges. Pour la cathédrale de Manille, les récits historiques détaillent la consommation de milliers d'œufs de cane, privilégiés aux œufs de poule pour leur taille supérieure et leur teneur plus dense en protéines. Les blancs d'œufs étaient montés en neige et incorporés à un mélange de chaux, de sable fin, de brique pilée et de sève de bambou (qui fournissait des polysaccharides collants supplémentaires). Dans certaines régions, de la mélasse était ajoutée pour ralentir le temps de prise, permettant ainsi de travailler le mortier en douceur sans qu'il ne sèche trop vite sous le soleil tropical. La palitada ainsi obtenue formait une enveloppe résistante, légèrement flexible et profondément imperméable sur le noyau vulnérable en brique ou en pierre de corail des églises. Lorsque les typhons projetaient des pluies battantes contre ces édifices, l'enduit enrichi à l'œuf empêchait l'eau d'imbiber les murs, tout en permettant à l'humidité interne de s'évaporer — une propriété que les mastics synthétiques modernes ne parviennent souvent pas à reproduire, ce qui provoque une rétention d'humidité et le pourrissement des structures.

Innovations Mondiales



La Diversité des Additifs Organiques

Pour éviter de penser qu'il s'agissait d'un phénomène isolé propre à la mer de Chine méridionale, l'histoire montre que l'utilisation d'additifs organiques pour manipuler la chimie des matériaux de construction était une discipline mondiale. Les bâtisseurs de l'Antiquité utilisaient les déchets biologiques ou les produits agricoles locaux disponibles pour résoudre des problèmes structurels spécifiques. La vallée de l'Indus et l'Inde : Caséine, Jaggery et Caillé. Bien avant l'essor de l'Empire romain, les cités de la civilisation de la vallée de l'Indus, comme Mohenjo-Daro (remontant à 2500 avant notre ère), utilisaient des formules de matériaux avancées.

La conservation exceptionnelle de leurs maçonneries, qui ont survécu à des millénaires d'exposition à des eaux souterraines salines et à une chaleur intense, est en partie due à l'inclusion de liants organiques. Dans l'architecture indienne traditionnelle, telle que codifiée dans les anciens traités en sanskrit comme le Shilpa Shastra, les recettes de mortier ressemblent davantage à un manuel culinaire qu'à une fiche technique industrielle : • Jaggery (sucre de canne non raffiné) : Les glucides retardent le temps de prise de la chaux, permettant aux cristaux de croître plus gros et plus résistants au fil du temps, tout en augmentant la rétention d'eau lors de l'application.



Pulpe de bael (Aegle marmelos) : Fournit un mucilage naturel qui augmente la viscosité et la résistance à la traction du mortier.



Caillé et Caséine (protéines de lait) : Semblables à l'albumine des œufs, les protéines de lait réagissent avec la chaux pour former du caséinate de calcium, un adhésif naturel hautement efficace et résistant à l'eau.

La Grande Muraille de Chine

Le Mortier de Riz Gluant. L'innovation en matière de mortier organique la plus célèbre est sans doute le mortier de riz gluant de Chine, développé pendant les dynasties du Nord et du Sud (386–589 de notre ère) et perfectionné sous la dynastie Ming pour la construction de la Grande Muraille. Réaction du Mortier de Riz Gluant : Chaux Éteinte + Amylopectine (Polysaccharide de Riz Gluant) —> Carbonate de Calcium Hautement Compact (Matrice Amorphe/Cristalline) Les bâtisseurs mélangeaient de la chaux éteinte avec un bouillon de riz gluant bouilli. L'ingrédient secret était ici l'amylopectine, un polysaccharide ramifié complexe. L'amylopectine agissait comme un modèle, contrôlant la croissance des cristaux de carbonate de calcium. Le mortier résultant était si compact et chimiquement stable qu'il bloquait la pousse des mauvaises herbes et de la mousse, empêchait l'infiltration de l'eau et offrait une incroyable résilience sismique. Les tests modernes ont montré que le

mortier de riz gluant reste l'un des meilleurs liants de maçonnerie jamais inventés, affichant des résistances mécaniques qui rivalisent avec le ciment moderne tout en conservant une flexibilité bien supérieure.

La Logique d'Ingénierie de la Porosité et du Biomimétisme

Pour apprécier pleinement la supériorité de ces matériaux anciens dans leur contexte, nous devons examiner comment ils géraient le pire ennemi d'un bâtiment : les tensions internes. L'ingénierie moderne mise beaucoup sur la résistance et la rigidité. Nous bâtissons des structures avec du ciment Portland à haute résistance et de l'acier. Cela fonctionne exceptionnellement bien sous des charges statiques et prévisibles. Cependant, les matériaux rigides gèrent mal les changements environnementaux. Lorsqu'un bâtiment moderne se tasse, ou lorsqu'il subit des dilatations et contractions thermiques (chauffage au soleil et refroidissement la nuit), le béton rigide ne peut pas bouger. Au lieu de cela, il se fissure. Dès qu'une fissure se forme, l'eau pénètre, fait rouiller les armatures en acier internes, et la structure entame sa marche inéluctable vers la défaillance.

Les bâtisseurs anciens concevaient leurs ouvrages pour la flexibilité et la respirabilité. En utilisant des additifs organiques comme les œufs, ils altéraient la microporosité de leurs matériaux. Combustion et Isolation Thermique. Dans les techniques traditionnelles de fabrication des briques en Europe et en Asie, des matières organiques telles que la sciure de bois, les balles de riz, les graines de tournesol ou le fumier animal étaient mélangées à l'argile brute avant la cuisson. Cuisson à $\sim 900^{\circ}\text{C}$ - Combustion des matières organiques. Lorsque les briques cuisaient dans le four, ces composants organiques brûlaient complètement, laissant derrière eux un réseau de minuscules poches d'air microscopiques.

Il ne s'agissait pas d'une erreur ou d'un raccourci, mais d'une stratégie d'ingénierie hautement intentionnelle :

1. Réduction du poids : Cela produisait des briques plus légères, réduisant la charge morte sur les fondations massives.
2. Isolation thermique : Les espaces d'air mort à l'intérieur des briques agissaient comme une barrière thermique, maintenant l'intérieur des bâtiments plus frais en été et plus chaud en hiver.
3. Porosité sacrificielle : Une brique ou un mortier poreux permet à l'humidité de migrer librement. Si l'eau gèle à l'intérieur d'un matériau très rigide et non poreux, l'expansion fait éclater la surface (épaufrure). Dans un matériau microporeux, les pores offrent des chambres d'expansion microscopiques, permettant au matériau de

geler et de dégeler sans se briser.

Qu'est-il Advenu des Jaunes d'Œufs ?

La Naissance d'une Tradition Culinaire. L'utilisation massive de blancs d'œufs dans la construction a engendré un problème secondaire unique : un surplus sans précédent de jaunes d'œufs. À une époque où les ressources ne pouvaient être jetées à la légère, cette nécessité structurelle a déclenché une révolution culinaire, particulièrement aux Philippines. Lorsque les frères espagnols ordonnaient la collecte de dizaines de milliers d'œufs auprès des communautés locales pour construire des églises comme celle de San Agustin ou les églises d'Iloilo, les blancs d'œufs allaient directement dans les fosses à chaux.

Les jaunes restants étaient remis à la population locale, qui devait trouver des moyens créatifs de les utiliser avant qu'ils ne pourrissent. Ce flux de déchets structurels a directement donné naissance à certains des éléments les plus célèbres de la cuisine traditionnelle philippine : • Leche Flan : Un flan riche et onctueux composé presque exclusivement de jaunes d'œufs et de sucre condensé ou caramélisé. • Pan de San Nicolas : Une pâtisserie traditionnelle frappée à l'effigie de saint Nicolas, utilisant les jaunes d'œufs comme principal agent de liaison et d'enrichissement de la pâte. • Yema : Une confiserie sucrée et moelleuse préparée en cuisant des jaunes d'œufs avec du sucre jusqu'à ce que le mélange devienne épais et malléable. Ce lien historique nous rappelle que les systèmes humains étaient autrefois profondément interconnectés. Un choix fait en ingénierie structurelle dictait directement le régime alimentaire local, créant une culture d'utilisation totale des ressources qui tranche radicalement avec nos chaînes de fabrication industrielles modernes et cloisonnées.

La Preuve par la Préservation

Preuves Archéologiques. Si l'utilisation d'œufs, de riz et de sucre dans les bâtiments n'était qu'une simple superstition populaire, l'analyse chimique moderne la dénoncerait facilement. Au lieu de cela, la science archéologique contemporaine valide ces méthodologies anciennes avec des données empiriques rigoureuses. Les Enduits des Puits à Degrés de Delhi (XIIe Siècle). Une étude approfondie menée sur des enduits de chaux et de brique du XIIe siècle, prélevés sur un baoli (puits à degrés) historique à Delhi, en Inde, a révélé de fascinantes interactions chimiques à l'échelle microscopique. Les puits à degrés sont des environnements structurels très exigeants ; ils sont constamment soumis à des cycles alternés d'humidité et de sécheresse au gré de la fluctuation du niveau de l'eau, parallèlement à une forte pression hydrostatique du sol environnant.

En utilisant la microscopie électronique à balayage (MEB) et la spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR), les chercheurs ont découvert que les additifs organiques mélangés au mortier avaient déclenché une réaction chimique à long terme à la frontière entre la brique et le mortier. Au cours des siècles, les composés organiques ont facilité une migration continue et lente de la silice des briques vers le mortier de chaux, formant un composé hautement stable connu sous le nom de silicate de calcium hydraté (C-S-H) — le composé même qui confère sa résistance au béton moderne. Le mortier ancien devenait littéralement plus fort avec le temps, s'adaptant à ses contraintes environnementales plutôt que de se dégrader.

De même, des recherches menées sur des briques médiévales du château de Ventspils en Lettonie ont confirmé la présence d'additifs organiques utilisés pour induire une microporosité contrôlée. Malgré des siècles d'exposition aux hivers rigoureux de la Baltique, aux embruns salés glacés et aux vents violents, les briques n'ont montré pratiquement aucune dégradation structurelle interne. Les micro-pores créés par des charges organiques disparues depuis longtemps ont fourni les soupapes de sécurité physiques exactes nécessaires pour survivre à des centaines de cycles de gel-dégel.

L'Illusion du Progrès Moderne

Pourquoi Nous Ne Sommes Pas Aussi Malins Que Nous Le Pensons. L'examen attentif de ces techniques historiques nous oblige à réévaluer notre définition du progrès. Les matériaux de construction modernes sont indéniablement impressionnants en termes de rendement brut et de performances initiales. Nous pouvons mélanger, couler et figer des milliers de tonnes de béton en quelques jours, érigeant des structures massives à une vitesse que nos ancêtres n'auraient jamais pu imaginer. Mais notre système présente une faille fatale : il est insoutenable, fragile et à courte vue. La Vulnérabilité du Ciment Portland. Le ciment Portland moderne est un compromis environnemental et structurel. Sa production représente environ 8 % des émissions mondiales de dioxyde de carbone. De plus, il est conçu pour une durée de vie fondamentalement limitée.

Comparaison des Philosophies Structurelles

Critère Principal : Résistance Initiale Maximale vs Durabilité à Long Terme.
Philosophie des Matériaux : Rigide & Imperméable vs Flexible & Respirant. Mode de Défaillance : Fissuration Catastrophique vs Autocicatrisant / Plastique. Durée de Vie Attendue : 50 - 100 Ans vs 500 - 2000+ Ans. Empreinte Écologique : Forte Émission de Carbone (CO₂) vs Séquestration du Carbone (Chaux). Parce que les structures

modernes dépendent des armatures en acier pour supporter les charges de traction, et parce que le ciment Portland est très rigide, la fissuration est inévitable. Lorsqu'un bâtiment moderne se fissure, son intégrité structurelle chute immédiatement. Il nécessite un entretien constant et coûteux pour survivre au-delà de quelques décennies. En revanche, les mortiers de chaux et d'œuf du passé offrent un ensemble de propriétés que la science moderne des matériaux tente seulement aujourd'hui de reproduire par des moyens synthétiques coûteux :

1. Capacités Autocicatrisantes : Lorsqu'un mur en mortier de chaux subit une contrainte et forme une microfissure, l'eau qui s'y infiltre dissout l'hydroxyde de calcium n'ayant pas réagi au sein de la matrice. Dès que cette solution entre en contact avec l'air à l'intérieur de la fissure, elle absorbe du dioxyde de carbone et se recristallise sous forme de calcite, scellant ainsi efficacement la fissure elle-même.

2. Véritable Séquestration du Carbone : Tout au long de sa durée de vie, le mortier de chaux réabsorbe la quasi-totalité du dioxyde de carbone libéré lors de sa fabrication initiale, ce qui en fait un matériau bien plus équilibré sur le plan écologique que le béton moderne. 3. Véritable durabilité du cycle de vie : Lorsqu'un bâtiment ancien en brique et mortier finit par s'effondrer, ses matériaux retournent à la terre sans lui nuire. Les briques redeviennent de l'argile ; le mortier de chaux redevient du carbonate de calcium. En revanche, un bâtiment moderne en béton démolit laisse derrière lui des millions de tonnes de gravats non recyclables et chimiquement contaminés.

Conclusion

L'Avenir Est Biochimique. Réaliser que les bâtisseurs anciens utilisaient des blancs d'œufs, du riz gluant et de la mélasse pour ériger des monuments durables n'est pas une simple anecdote historique pittoresque. C'est une critique profonde de la conception industrielle moderne. Nous avons passé les 150 dernières années à croire que nous pouvions soumettre la nature par la force brute — en concevant des matériaux totalement rigides, totalement imperméables et complètement déconnectés des systèmes biologiques locaux.



Les autoroutes fissurées, les ponts qui s'effritent et l'empreinte carbone massive de nos infrastructures actuelles montrent les limites de cette approche. La véritable intelligence de l'ingénierie ne réside pas dans la création d'un matériau unique et

standardisé que l'on peut couler n'importe où sur Terre sans tenir compte du contexte.

La véritable intelligence — celle que possédaient les bâtisseurs philippins des églises à palitada ou les ingénieurs de la dynastie Ming sur la Grande Muraille — réside dans la compréhension de l'interaction chimique délicate entre les éléments inorganiques locaux et les polymères organiques naturels.

Alors que la science moderne des matériaux commence à explorer le bio-béton (un béton mélangé à des bactéries qui réparent les fissures) et les polymères verts, nous ne découvrons rien de totalement nouveau. Nous ne faisons que rattraper la sagesse du passé. Nous réalisons enfin qu'il y a des siècles, nos ancêtres ont regardé un œuf, ont regardé un tas de calcaire calciné, et ont compris l'univers bien mieux que nous ne voulons bien leur accorder.