

LOUIS BERNARD GUYTON DE MORVEAU: L'INTERESSE DI UNO SCIENZIATO DEL XVIII SECOLO PER LE CALCI ED I CEMENTI

Il problema della classificazione delle malte dell'architettura storica si presenta assai complesso.

Attualmente esiste un sapere diffuso, di carattere manualistico, fondato su di un ristretto numero di parametri, di natura chimico-mineralogica e fisico-meccanica, che fissano, per la produzione moderna, modalità di selezione e trattamento delle materie prime, modi e destinazioni d'uso pertinenti.

Queste stesse variabili delimitano, secondo una comune accezione, propria principalmente agli architetti ed ai restauratori, la questione della classificazione delle malte antiche.

In quest'ottica, però, restano irrisolti gli interrogativi posti, con sempre maggior frequenza, dagli esiti del lavoro analitico di laboratorio: calcestruzzi alla porcellana¹, malte d'argilla² o a base di calce viva, impieghi più o meno sistematici di calci magnesiache³, tutti abbondantemente presenti nell'ambito del costruito storico, stentano a collocarsi all'interno delle ordinarie concezioni proprie alla letteratura tecnologica moderna ed alle sue categorie.

Le metodologie analitiche se, da un lato, sono in grado di cogliere queste presenze "anomale", dall'altro si rivelano incapaci di decodificarne i segreti e le logiche intrinseche, nate nell'alveo di tradizioni di cantiere ormai perdute.

All'archeologo, interessato anche alla ricostruzione del processo che ha determinato una data realtà materiale osservabile, non può bastare una composizione mineralogica o la definizione di un qualsiasi standard prestazionale: importanza ben maggiore ha per lui la ricostruzione di un particolare trattamento cui può essere stata sottoposta una materia prima, la manipolazione operata su di essa dall'uomo ed, eventualmente, il poter stabilire con quale grado di consapavolezza un determinato procedimento sia stato adottato. Nel caso dei leganti non cementizi ciò rappresenta un obiettivo fondamentale di ricerca dalle

implicazioni potenzialmente molto importanti anche nel campo della conservazione del costruito, continuamente alle prese con il problema della compatibilità tra materiali nuovi ed antichi.

L'analitica di laboratorio, si è detto, stenta ancora a dare risposte in merito a quei "saper fare" del passato tanto preziosi per l'archeologo, perché essa, allo stato attuale, è in grado di descrivere soltanto un momento particolare, cioè l'ultimo, di un iter produttivo che, a volte, può essere stato anche molto laborioso.

Si devono individuare vie che possano risultare alternative sia alle ben note fonti archivistiche, quasi del tutto assenti in questi casi, che alla ricerca di testimonianze orali, ormai rarissime e largamente insufficienti.

Fortunatamente quello delle calci e dei cementi è un universo che ha sempre attirato l'attenzione degli scienziati, fin dagli albori della chimica intesa in senso moderno: studi teorici e verifiche pratiche compongono, dunque, un vasto corpus letterario che annovera tra i suoi autori anche chimici e naturalisti, e non solo ingegneri ed architetti, tutti in bilico, almeno fino alla seconda metà del XIX secolo, tra scienza ed empirismo e tutti accomunati dalla possibilità di confrontarsi direttamente con realtà di cantiere ancora tradizionali.

In questo caso particolare si intende presentare l'attività di un notissimo scienziato francese che fu tra i primi ad applicare, a partire dal 1770, l'analisi chimica, in termini quantitativi, sia alle malte che alle pietre da calce. Dal suo interrogarsi in merito al significato che alcune pratiche di cantiere, allora molto diffuse, assumevano rispetto alle contemporanee concezioni scientifiche, emergono non soltanto indicazioni interessanti circa alcuni trattamenti cui la calce veniva sottoposta ed al modo di realizzare le malte, ma anche possibili spunti per future ricerche da condurre in laboratorio.

Louis Bernard Guyton de Morveau (1737-1816) deve la sua fama al fatto di aver compilato, per la revisione dell'*Encyclopedie* voluta attorno al 1770 dall'editore Panckouke, i volumi sulla chimica, grandiosa sintesi delle rivoluzionarie concezioni scientifiche espresse dal circolo di scienziati che si era raccolto in quegli anni attorno alla personalità di Lavoisier⁴.

Avvocato, membro del Parlamento di Digione e, dal 1764, della locale Academie des Sciences et Belles Lettres,

⁴ Sulle modalità di redazione dei volumi per l'*Encyclopedie Methodique* si veda: DAUMAS M., *Lavoisier théoricien et expérimentateur*, Paris, 1955.

¹ CUCCHIARA A., MANNONI T., NEGRETTI L., MONTAGNI C., PREDIERI G., SFRECOLA S., RICCI R., *I calcestruzzi alla porcellana in Liguria*, in *Calcestruzzi antichi e moderni: storia, cultura e tecnologia*, Atti del convegno Scienza e Beni Culturali, Bressanone, 1993.

² BONAZZI A., FIENI L., *Uso e fortuna delle malte d'argilla nell'Italia settentrionale: prime ricerche su Cremona*, in *TeMa*, n° 1, 1995.

³ MANNONI T., RICCI R., SFRECOLA S., *Le analisi di laboratorio di supporto al restauro delle facciate*, in *Tutela e conservazione del patrimonio architettonico*, Torino, 1988 MANNONI T., *Ricerche sulle malte genovesi alla porcellana*, in *Le Scienze, le istituzioni, gli operatori alla soglia degli anni '90*, Atti del convegno Scienza e Beni Culturali, Bressanone, 1988. FIENI L., *Produzione e diffusione della calce nella Lombardia tra il XVII e la prima metà del XIX secolo*, Tesi di dottorato in Conservazione dei Beni Architettonici, VI ciclo, relatori proff. A. Grimoldi e T. Mannoni

Guyton non fu soltanto un semplice compilatore della nuova *Nomenclatura Chimica* dell'*Encyclopedie Methodique*, ma anche vero protagonista del panorama scientifico dell'ultimo trentennio del XVIII secolo, quando la Francia vantava in Europa una sorta di primato intellettuale nella scienza.

L'essenza della sua attività scientifica coincise, forse, con l'aver saputo dimostrare per primo l'aumento in peso subito dai metalli calcinati, dimostrazione che lo portò rapidamente ad essere accolto nella cerchia dei grandi chimici dell'Académie des Sciences di Parigi⁵.

In realtà Guyton non si interessò soltanto agli aspetti teorici della chimica ma, come molti altri scienziati dell'età illuminista, ne ricercò costantemente una verifica nell'applicazione pratica, dando prova di un notevole eclettismo intellettuale.

All'interno di un vasto e variegato campo di interessi si occupò, durante l'intero corso della sua attività scientifica, di malte e materiali leganti per il settore delle costruzioni.

Il problema della selezione e della messa in opera del legante migliore, rispondente a determinate caratteristiche chimiche, fisiche o meccaniche non è, infatti, cosa nuova, frutto della moderna cultura della conservazione, anche materica, dell'architettura.

Già a partire dalla seconda metà del XVIII secolo il culto archeologico per le rovine della classicità aveva portato con sé anche quello per i *cementi* di età romana, che a distanza di tanti secoli risultavano ancora notevolmente resistenti e ben conservati. Fu naturale che la volontà di imitare i leganti del passato si trasformasse da pionieristica impresa per dilettanti in vera ricerca scientifica proprio in coincidenza degli anni in cui il dibattito scientifico europeo andava concentrandosi attorno alla chimica del *flogisto*.

Accadde anche a Guyton de Morveau, fin dall'epoca dei suoi primi interventi presso l'Accademia della sua città, di essere interpellato dalle autorità cittadine su questioni che riguardavano modalità di produzione e preparazione degli intonaci su larga scala, in previsione di un generale rinnovo dell'immagine della città. Gli fu richiesto di indicare come sarebbe stato possibile realizzare nuovamente rivestimenti, sia per facciate in pietra da taglio che in *pan de bois*, comparabili a quelli romani che tanta mostra di sé facevano ancora sulle rovine della vicina Autun.

«SUR LA MANIERE DE RENDRE LA PREPARATION DU MORTIER LORIOT MOINS DANGEREUSE, PLUS ECONOMIQUE & PLUS SURE»

Sulle esperienze maturate nello studio delle calci ottenute dagli elementi metallici ed alcalino terrosi Guyton fondò la sua personale elaborazione dell'allo-

⁵ Per una lettura critica dei risultati scientifici conseguiti da Guyton ed, in particolare, il debito intellettuale che Lavoisier ebbe nei suoi confronti, si veda: GUERLAC H., *Lavoisier. The crucial year. The background and Origin of His First Experiments on Combustion in 1772*, New York, 1960. Per quanto riguarda invece la celebre dimostrazione che De Morveau effettuò nel 1770 all'Accademia digionese, passate in parte sotto silenzio a causa di una lettura del fenomeno ancora aderente alla concezione della chimica del flogisto di Stahl, si veda: GUYTON DE MORVEAU L.B., *Digression Académiques ou Essais sur quelques sujet de Physique, de Chymie & d'Histoire naturelle*, Dijon, 1772.

ra notissimo mortier Lorient. Il metodo⁶, che consisteva nell'additivare la malta ancora plastica con un terzo di calce viva in polvere, aveva conosciuto un'accoglienza tanto favorevole da far sì che addirittura Rondelet nel suo *Traité*, a più di vent'anni di distanza, ne caldeggiasse l'adozione⁷.

Specie di ingegnoso tecnologo ante litteram, Lorient, *mecanicien e pensionnaire du Roi*, aveva potuto presentare fin dal 1765 presso l'Académie d'Architecture una memoria sull'uso della calce viva presso i Romani.

Avendo incontrato il favore del Directeur et Ordonnateur General des Batiments, il marchese di Marigny, Lorient era riuscito ad imporre con successo il suo metodo dapprima in alcune opere idrauliche presso Menars e, successivamente, attorno al 1774, nei lavori dell'Orangerie di Versailles.

In realtà, come ebbe a precisare Guyton nella sua memoria⁸, Lorient non fu il primo a proporre di mescolare una porzione di calce viva ad una malta ordinaria; ebbe solo il merito di essere stato in Francia il primo a dare alle stampe quel metodo, «di averlo annunciato con promesse fondate su prove pratiche, capaci di risvegliare l'attenzione e di ispirare fiducia» nel pubblico. Il mondo della chimica, infatti, aveva già riscontrato fin dal 1747, grazie agli studi di Maquer, gli effetti della calce viva nelle malte ordinarie, senza che questi, peraltro, ne avesse tratto qualche conclusione in merito alle possibilità di impiego nel mondo delle costruzioni.

Circa un paio d'anni prima che venisse pubblicata la memoria di Lorient, l'inglese *The annual Register* aveva riportato l'estratto di un giornale d'agricoltura che indicava nella miscela di calce viva e sabbia un modo per ottenere malte assai dure, solide e capaci di resistere all'umidità per lungo tempo. Ma, ebbe a commentare Guyton, «il ajoute bien peu de chose à la pratique connue de tout temps, & généralement répandue, de faire un ciment de briques pilées & de chaux vive, pour enduire les murs exposés à l'humidité ...»⁹.

I saggi che Guyton effettuò nel suo laboratorio dimostrarono la superiorità del metodo di Lorient ed evidenziarono le difficoltà derivanti dalla preparazione e dall'impiego in grandi quantità della calce viva in polvere e dallo stabilire, per la malta, corrette proporzioni tra legante ed aggregato. La polverizzazione dell'ossido, infatti, sarebbe stata attività pericolosa a causa delle esalazioni cui la manodopera sarebbe stata sottoposta: i rischi e la lentezza dell'operazione avrebbero così finito coll'amplificare oltre misura i costi di cantiere. Ben più importanti furono altre osservazioni che Guyton antepose agli aspetti di carattere pratico ed economico. Lorient aveva fissato in un terzo di calce viva una percentuale addizionabile in maniera incondizionata, a patto che sul cantiere fosse sempre disponibile materiale fresco, ossia di recente cottura, preparato in fornaci a fuoco continuo, del tipo a stra-

⁶ LORIENT, *Mémoire sur une decouverte dans l'art de batir*, Paris, 1774, poi seguita dalle *Instruction sur la nouvelle méthode de preparer le mortier Lorient*, Paris, 1775.

⁷ J.B. RONDELET, *Traité theorique et pratique de l'art de batir*, Paris, 1802-1817.

⁸ GUYTON DE MORVEAU L.B., *Mémoire sur la maniere de rendre la préparation du Mortier-Lorient moins dangereuse, plus économique & plus sure*, in *Observation sur la Physique*, tomo IV, Paris, 1774.

⁹ *Ibidem*.

ti alterni carbone - calcare. Alla cattiva qualità della calce sarebbe stato possibile supplire, secondo Lorient, con un incremento della sua percentuale nell'impasto. Guyton respinse con forza questa tesi, ritenendo che «*quand'on seroit sur de retrouver toujours exactement la meme somme de parties absorbentes, en variant les doses, je ne croirois pas encore que cela fut entierement indifferent, du moins à un certain point, parce que la preference d'une certaine portion de chaux qui n'est ni vive ni fondue, qui n'est plus que de la poussiere de pierre, change nécessairement la distribution des parties composant*»¹⁰.

Alla soluzione del pratico Lorient, Guyton oppose quindi la necessità di spiegare in termini scientifici i dinamismi sottesi ai mutamenti di volume, di densità e di peso della calce in fase di idratazione ed indurimento. Le sue conclusioni spostarono l'attenzione dalla quantità di calce in gioco alla variabile reattività, che poteva caratterizzare l'ossido e condizionare le proprietà finali della malta.

Rispolverando una vecchia pratica, già cara a Duhamel du Monceau, Guyton propose di lasciare estinguere liberamente all'aria la calce per poi ricalcinarla una seconda volta. L'estinzione all'aria avrebbe causato la spontanea polverizzazione della calce, evitando così l'intervento diretto delle maestranze. Una volta «rivivificata» questa sarebbe poi stata mescolata ad altra calce fusa, normalmente estinta, tegole macinate e sabbia. Il procedimento di rivivificazione attraverso ri-cottura, secondo De Morveau, col tempo avrebbe finito per sostituire l'imperfetto procedimento dell'estinzione, troppo ancorato alle pratiche individuali.

La nuova scienza di Guyton e dei suoi contemporanei, la chimica professata in termini rigorosamente quantitativi, poteva consentire da quel momento in poi di controllare sulla base delle variazioni di peso il livello di calcinazione raggiunto. Solo dopo aver effettuato alcune cotture del litotipo selezionato l'operaio avrebbe potuto sostituire la bilancia con i parametri allora normalmente impiegati, quali il colore della calce, la durata e l'attività del fuoco a calcinazione avvenuta.

A completare la memoria di Guyton fecero seguito le istruzioni per la costruzione di un tipo di fornace da lui stesso appositamente progettata per la ricalcinazione e le indicazioni per la realizzazione di una malta tipo a base di calce estinta rivivificata¹¹ (Fig. 1).

IL PROGETTO DEL CANALE DI BORGOGNA ED I PRIMI STUDI SULLA CALCE MAGRA E LE MALTE

Quelli tra il 1775 ed il 1779 furono gli anni che videro l'affermazione definitiva di Guyton de Morveau quale scienziato di riconosciuto valore.

Parallelamente agli studi sulle arie si dedicò attivamente anche alle implicazioni pratiche che la nuova

¹⁰ *Ibidem*.

¹¹ GUYTON DE MORVEAU L.B., *De la construction d'un Four pour recuire la Chaux qui doit être emplée dans le Mortier Lorient*, in *Observation sur la Physique*, tomo VI, Paris, 1775. Le prescrizioni per la nuova malta consistevano in 3 parti di sabbia silicea, 3 di tegole peste ben cotte, 2 di calce fusa e 2 di calce estinta all'aria e ricalcinata.

chimica avrebbe potuto avere nell'economia della produzione. A quel periodo appartengono, infatti, i suoi studi sullo sfruttamento di alcuni giacimenti carboniferi della Borgogna, sul procedimento di lavorazione del Blù di Prussia e sulla fabbricazione del vetro, tutte attività di primario interesse per la sua regione¹².

Dal 1780 tornò nuovamente ad occuparsi di leganti in occasione dell'arresto forzato che aveva subito il cantiere per la costruzione del canale di Borgogna: le tradizionali malte a calce e cocchiopesto impiegate nei getti si erano rivelate assai poco resistenti all'acqua ed i lavori si erano arenati per l'impossibilità di reperire buona pietra a calce nella regione.

Sulla scia delle esperienze già effettuate da Tobern Bergmann¹³, uno dei suoi più importanti referenti scientifici, Guyton iniziò la ricerca di pietre che contenessero un certo tenore di Manganese, elemento che il naturalista svedese aveva indicato come causa del comportamento idraulico della calce ricavata dal calcare di Léna, presso Upland, in Svezia.

Fattosi inviare da Bergmann un campione di quello stesso litotipo Guyton lo analizzò assieme ad altri cinque provenienti da Brion presso Autun, da Ath nel Tournaisis, da Millery in Savoia, da Morex presso Ginevra e da Lione. Tutte calci magre, aventi cioè la proprietà di «*prendre corps et de se durcir dans l'eau*»: per Guyton, infatti, *magro* era soltanto sinonimo di *idraulico*, senza riferimento alcuno alla capacità dell'ossido di assorbire l'acqua e di aumentare il proprio volume in fase di idratazione¹⁴.

Alla seduta del 2 aprile 1783 dell'Accademia digionese fu ufficialmente presentata la memoria sulle calci magre e sui metodi per identificarle. Vennero effettuate le calcinazioni comparate: soltanto due campioni, quelli di Brion e Morex, risultarono simili a quello di Léna per composizione chimica e comportamento in fase di cottura.

Guyton, fedele alla lezione dell'amico e maestro Bergmann, indicò nel Manganese l'elemento che poteva fungere da cartina tornasole nella ricerca di calci idrauliche.

La fragilità delle conclusioni, sulle quali Guyton ebbe, poi, modo di ritornare pubblicamente qualche anno più tardi, è indubbia, non fosse altro per il numero troppo ridotto di campioni analizzati. Tant'è che quello stesso anno, coinvolto nella costruzione di un pic-

¹² GUYTON DE MORVEAU L.B., *Du charbon de Pierre de Mont-Cenis en Bourgogne*, in *Observation sur la Physique*, tomo II, 1773 *Sur le Bleu de Prusse*, in *ibidem*, tomo IV, 1775 *Sur un Phénomène qui interesse l'Art de la Verrerie & la théorie de la Vitriification*, in *ibidem*, tomo XIV, 1779.

¹³ T. Bergmann, naturalista svedese (1735-1784). Discepolo di Linneo, si occupò di storia naturale, astronomia, fisica e chimica. Celebre per i suoi studi sulla teoria delle affinità chimiche e per le ricerche sistematiche sui composti chimici. La sua più importante scoperta fu quella, compiuta con Scheele, del Manganese. Da Bergmann De Morveau trasse gran parte delle sue convinzioni circa le affinità chimiche dei composti e sulla classificazione dei minerali per via analitica. Fu, inoltre, il primo traduttore francese della più importante opera di T. Bergmann, gli *Opusculae chemiae*. BERGMANN T., *Opusculae chymiques et phisiques recueillies, revues et augmentées par lui meme*. Traduits par M. de Morveau, avec des notes, Dijon, 1780.

¹⁴ GUYTON DE MORVEAU L.B., *Mémoire sur la pierre à chaux maigre de Brion en Bourgogne. Et sur la manière de reconnaître cette qualité dans les différentes especes de pierre à chaux*, in *Nouveau Mémoires de l'Académie de Dijon pour la partie des sciences et arts*, II semestre, Dijon, 1783.

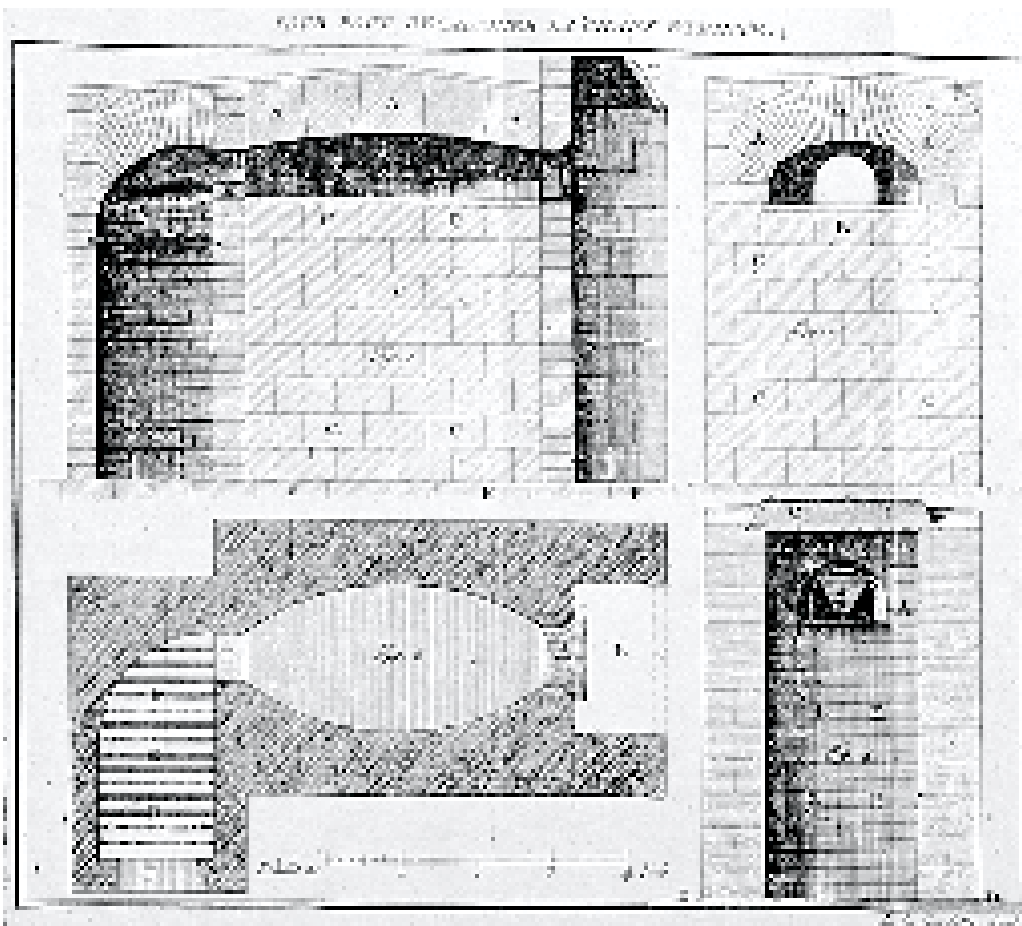


Fig. 1 – Incisione del progetto del forno ideato da Guyton de Morveau tratto dall'*Instruction sur la nouvelle méthode de preparer le mortier Lorient*, pubblicato a Parigi nel 1775 dall'editore J. Barbou. FIGURA PRIMA: Spaccato del forno, preso nella sua linea mediana, sulla sua lunghezza e sulla sua altezza AAA Volta del forno, ove si indicano il suo spessore e la sua curvatura interna sui lati B Bocca del forno CCCC Muratura sulla quale il Forno e la sua area sono posati DD Camera di combustione G Indicazione in linea punteggiata dell'apertura del ceneraio al di sotto della camera di combustione A Sporto che separa la camera di combustione dall'area del Forno. FIGURA SECONDA: Pianta del Forno A. Placca di ghisa all'apertura del Forno. B. Vano del camino C. Linguetta DDD. Pianta della camera di combustione con le sue griglie di ferro. E. Zona che separa la camera di combustione dall'area del Forno. F. Apertura della precamera, sormontata da una centina in linea tratteggiata; FIGURA TERZA: Sezione trasversale del Forno nella metà della sua lunghezza: si osservano l'assetto e la disposizione delle tegole che compongono la volta. B Area del forno e sua larghezza. CCCC. Muratura sulla quale è posato il forno; FIGURA QUARTA: Elevato del Forno sul fronte della bocca con la cappa. AA Bocca del Forno. B Embrice triangolare forato al centro è posato innanzi alla bocca del forno per spartire la fiamma e trattenerla all'interno. CC Cappa del camino del forno. EEEE Muratura della fronte del Forno. DD. Suolo che sostiene la muratura. «Adesso ecco la maniera di procedere alla calcinazione. Si gettano nel forno due piedi cubi di calce estinta, la si stende sulla superficie e si accende di seguito il fuoco nella camera di combustione; è molto importante che non si arda che legna asciutta tagliata per il lungo, come quella che si usa nelle vetrerie, il legno verde donerebbe un fumo inopportuno che ritarderebbe l'operazione; si chiude la bocca del forno con un laterizio fatto in guisa di triangolo equilatero che divida la fiamma in tre parti e l'abbassi sulla calce. Quando la calce, che è toccata dalla fiamma, inizia ad arrossarsi, si introduce nel forno un attizzatoio di ferro a manico lungo e lo si agita per richiamare sulla superficie quella più lontana, facendo attenzione di non gettarla all'interno della camera di combustione. Questa operazione, che si ripete di quarto d'ora in quarto d'ora, non è né faticosa né pericolosa; ... ciascuna fornasata richiede circa due ore; la prima qualcosa in più per riscaldare il forno. Il punto essenziale è il giudicare quando la calcinazione sia perfetta; ... ho osservato che quando la calce è ben cotta ed interamente rivivificata, nel momento in cui richiamandola avanti al forno come per trarla fuori, si alza tutt'a un tratto una bella fiamma bianca, assai leggera, che sembra formata dall'unione tra il vapore della calce con l'aria esterna ... Quanto alla maniera di impiegare questa calce ... La composizione che m'è parsa la più sicura è quella che si fa con tre parti di sabbia fine, tre parti di cemento di mattoni ben cotti, due di calce fusa, e due di calce in polvere rivivificata. Anzitutto si mescolano esattamente la sabbia, il cemento e la calce fusa con la marra, come per farne una buona malta ordinaria, soltanto un poco più liquida; si prende un piede cubo di questa di questa malta che si mette entro un trogolo quadrato di legno, di due pollici di lunghezza, di un piede di larghezza, di nove o dieci pollici di profondità; allora si riempie di polvere di calce viva una misura che contenga un quinto di piede cubo, la si sparga sulla malta, si agiti il tutto con una marra larga dal manico lungo e la si metta in opera ...»

colo acquedotto prossimo a Digione, funzionale ad una locale fabbrica di salnitro, Guyton portò a termine una seconda sperimentazione su un secondo metodo per realizzare malte resistenti all'acqua, quello di De La Faye.

In quell'occasione si limitò semplicemente ad applicare il procedimento di estinzione che il *Trésorier*

general des Gratifications des Troupes aveva pubblicato circa sei anni prima, nel 1777¹⁵. Alla malta confe-

¹⁵ DE LA FAYE, *Recherches sur la préparation que les romaines donnoient à la chaux*, Paris, 1777.

zionata con egual parti di calce, sabbia e scaglie di pietra calcarea compatta sarebbero state conferite proprietà idrauliche dal particolare procedimento di estinzione della calce, conosciuto appunto come il metodo De La Faye.

La calce viva, ridotta in piccoli blocchi delle dimensioni di un uovo, doveva essere riposta in una cesta ed immersa nell'acqua per breve tempo finché non comparissero delle bolle in superficie; a quel punto la calce doveva essere ritirata e depositata entro delle botti dove avrebbe potuto sviluppare liberamente il suo calore e ridursi in polvere spontaneamente. Quel particolare trattamento del legante avrebbe consentito, dunque, la realizzazione di un conglomerato «*tres ferme*» e di «*une grande solidité, quoique sous terre*».

Guyton, qualche anno più tardi, in un momento in cui le ricerche sui leganti e le malte sarebbero state più approfondite e raffinate, avrebbe poi incluso il Mortier Lorient e quello di De La Faye nel suo elenco dei *bétons*¹⁶ cioè di quelle malte destinate ad essere impiegate nell'acqua e suscettibili di prendere corpo già sul campo, a piè d'opera.

Dimostrando ancora piena fiducia nelle loro proprietà volle nuovamente sottolineare che entrambe erano risultate, alla prova dei fatti e del tempo, assolutamente impermeabili.

Quella di Lorient, infatti, continuava a trovare numerose applicazioni nell'allettamento dei giunti, come intonaco grossolano o strato di allettamento di pavimentazioni, mentre quella De La Faye, utilizzata con un aggregato non particolarmente fine, veniva generalmente impiegata quale vero e proprio calcestruzzo nei getti di maggior volume.

Il differente trattamento delle calce determinava, infatti, le diverse velocità di presa delle malte, senz'altro minori per il mortier De La Faye, come lo stesso Guyton ebbe a riscontrare.

DAL 1787 AL 1806: LE SPERIMENTAZIONI SULLE POZZOLANE PER IL PORTO MILITARE DI CHERBOURG

Le ricerche che in Francia erano state effettuate sulle pozzolane nazionali, sotto il patrocinio del Ministero e della Segreteria di Stato del Dipartimento della Marina, non erano certo rimaste senza eco nell'ambito dell'Académie des Sciences.

Provenienti dai cantieri marittimi giungevano sempre più forti le richieste di materiali pozzolanici poco costosi, facilmente reperibili, che potessero, in definitiva, risultare alternativi a quelli importati dall'Italia meridionale. A queste esigenze di ordine contingente di affiancava l'interesse degli scienziati per questi singolari prodotti vulcanici.

Se gli eredi di Vitruvio avevano per secoli impiegato quel *genus pulvis* per edificare porti ed acquedotti, allora anche quelli di Lord Hamilton lo ricercavano per indagare, attraverso di esso, la storia dei vulcani ed i misteri dell'origine della terra.

Durante quell'ultimo trentennio del XVIII secolo,

¹⁶ GUYTON DE MORVEAU L.B., *Mémoire sur les mortiers, la chaux maigre, le béton et la pouzzolane*, in *Annales de chimie*, tomo XXXVII, 1801.

quando l'arte del costruire intravvide nella chimica un ausilio ad intraprendere nuove strade, agli scienziati venne chiesto di occuparsi anche delle pozzolane, di classificarle in base alle loro composizioni e di individuare il segreto del loro potere idraulizzante.

Anche Guyton de Morveau venne coinvolto in alcune di questi studi.

Le prime sperimentazioni lo portarono a lavorare nel 1787 su di un tipo di basalto nero proveniente da Drevin, in Borgogna, dove qualche anno prima era stato scoperto un vulcano estinto¹⁷.

Guyton preparò dei campioni che fece cuocere in una piccola fornace a riverbero: questi vennero poi gettati ancora incandescenti nell'acqua e quindi cribblati fino alla grandezza di un pollice di diametro. Circa 13 chilogrammi di basalto così trattati vennero inviati a Cherbourg all'ingegnere Cessart. Questi, incaricato della costruzione degli sbarramenti del porto, provò la nuova pozzolana: realizzò con 180 parti di basalto, 73 di calce fusa "alla romana", 93 di acqua dolce e 288 di ciottoli di granito delle dimensioni di una noce un calcestruzzo, che fu gettato entro appositi cassoni. Onde stabilire un riferimento sicuro preparò altri campioni con pozzolana italiana ed altrettanti con una seconda pozzolana "leggera", una cenere ottenuta per combustione di una varietà molto pesante e collosa di carbone, anch'essa inviata da Guyton de Morveau. Testati sia sott'acqua che all'aria per 67 giorni i calcestruzzi si comportarono in vario modo. Nel rapporto che trasmise il 12 febbraio 1788 a Guyton l'ingegner Cessart riferì che, sulla base delle prove a rottura per compressione, la pozzolana basalto di Borgogna equivaleva grosso modo a quella italiana. La cenere di carbone, al contrario, risultava priva di efficacia per costruzioni idrauliche ma valida qualora la presa avvenisse all'aria: in tal caso, infatti, il calcestruzzo si dimostrava impermeabile all'acqua e dotato di una resistenza meccanica più che doppia rispetto a quello realizzato con pozzolana d'Italia.

Convinto della validità di questo risultato, a quell'epoca confortato più dalla pratica empirica che dal risultato analitico, Guyton indicò proprio per la costruzione delle pareti interne del canale di Borgogna, a quell'epoca ancora in via di ultimazione, l'impiego di ceneri di carbone, prodotte da una vetreria locale.

Nonostante quei primi esiti tanto favorevoli De Morveau non giunse, però, a formulare alcuna teoria in merito alle pozzolane, nemmeno quando, nel 1805, venne nuovamente coinvolto nelle sperimentazioni su altri nuovi idraulizzanti artificiali destinati ai cantieri di Cherbourg.

Chiamato a presiedere una commissione appositamente istituita per saggiare le performances di tre differenti tipi di scisti e di un grés, fece effettuare pubblicamente le prove a Parigi, immergendo nella Senna i cassoni dei provini¹⁸.

¹⁷ *Ibidem*.

¹⁸ LEPERE G., *Deuxieme recueil de divers mémoires sur les Pouzzolanes naturelles et artificielles*, Paris, 1807. I materiali pozzolanici testati vennero definiti semplicemente come *schistes ferrugineux d'Hameville, ardoisiers du Roule, silicieux du Port Bonaparte e grés ferrugineux*. Si trattava di litotipi locali, reperiti nelle località circostanti il port Bonaparte appunto, dagli ingegneri Cessart e Lèpere. Lo stesso Lèpere fece parte della commissione di indagine presieduta da Guyton de Morveau

Vennero realizzati otto *bétons* diversi adottando due tipi differenti di calci, quella magra di Grosville e quella grassa di Parigi, in modo da stabilire il tipo di legante idoneo a ciascuna pozzolana.

A prescindere dai diversi comportamenti riscontrati in fase di presa a tre e cinque mesi dalla data dell'immersione¹⁹, la commissione, dieci mesi più tardi, affermò che la malta migliore, sia dal punto di vista della resistenza meccanica che dell'impermeabilità, si era ottenuta con lo scisto siliceo in calce grassa. Gli stessi confronti con altri provini a pozzolana e a cemento di tegole peste confermarono la validità della soluzione trovata.

Il responso ufficiale portò la firma di Guyton, riconoscibile nella difesa imbarazzata delle sue antiche convinzioni circa l'ossido di Manganese a fronte di un esito empirico che conferiva il ruolo fondamentale alla silice ed agli ossidi di ferro: «*le mélange intime d'une argile plus o moins chargée de silice, avec des oxydes de fer à differens degrés, tenant quelque fois de l'oxide de manganèse, dont la calcination est portée au degré convenable, donne une matière qui a absolument les memes propriétés que les sables volcanique appelés pouzzolane ou trass*»²⁰.

LA QUERELLE INTORNO ALLA CALCE MAGRA, PRELUDIO ALLA FABBRICAZIONE DEI PRIMI LEGANTI IDRAULICI ARTIFICIALI

Come si è in parte avuto modo di vedere, attorno alle calci magre si concentrò l'attenzione di numerosi studiosi, chimici, naturalisti e soprattutto ingegneri, che proseguirono il lavoro iniziato a Digione da Guyton.

Durante il 1796 apparve sul periodico svizzero *Bibliothèque britannique* un doppio estratto sulle ricerche sperimentali che John Smeaton aveva svolto per la costruzione del celebre faro di Edystone²¹. Spinto dalla curiosità di verificare l'effettiva validità del tipo di malta che aveva adottato nella costruzione del suo faro, Smeaton si era impegnato in una serie di saggi comparati sulle materie prime con le quali venivano prodotti leganti e pozzolane e sui loro trattamenti. Analogamente a Guyton, definì *magra* la calce che era in grado di far presa sott'acqua ed indicò nelle pietre di Alberthaw nella contea di Glamorgan, ed in quella di Watchet nel Somersetshire, le materie prime adatte a produrla²².

Secondo Smeaton potevano produrre calci magre pietre che avessero un tenore variabile da un diciassettesimo ad un quinto di argilla e che perdessero,

¹⁹ È interessante osservare come in un primo tempo (a 3 e 5 mesi) si indurirono soltanto i provini a calce magra, tra i quali il più solido risultò quello con lo scisto siliceo.

²⁰ Vedi nota 18.

²¹ SMEATON J., *Recherches experimentales sur la meilleure composition des Ciments propres a résister a l'eau*, in *Bibliothèque britannique*, tomo III, Geneve, 1796. Il testo era un sunto, corredato da annotazioni, dell'originale inglese intitolato *A narrative of the building and a description of the construction of the Edystone Lighthouse*, s.l., 1791.

²² È interessante osservare che Smeaton precedette di più di vent'anni le considerazioni che Vicat ebbe ad esporre in merito alla non indicatività di fattori quali la tessitura, il colore e la durezza di un litotipo nell'identificare la pietra da calce.

in fase di calcinazione, un 25-30% del loro peso iniziale.

Qualche anno più tardi, alla memoria digionese di Guyton si aggiunse quella di un famoso naturalista, lo svizzero De Saussure, che nel suo *Voyage dans les Alpes*²³, espose i risultati delle analisi compiute sulla pietra di Saint Gingoulph, presso Chamounix, con la quale si produceva una calce magra abbastanza celebre.

Accantonando le acute osservazioni in merito al legame che quarzo ed argilla, dovevano, a parer suo, instaurare con la calce in fase di cottura e che Vicat avrebbe ripreso in toto due decenni più tardi, è importante sottolineare l'affermazione conclusiva di De Saussure: «*M. de Morveau a prouvé l'utilité de ces recherches, puisqu'il est parvenue a donner à la chaux commune les propriétés de la meilleure chaux maigre, en y melant une petite quantité de manganèse*»²⁴. Se ne deduce che De Morveau aveva cercato, in un periodo compreso tra il 1784 ed il 1786, anno di pubblicazione del *Voyage*, di produrre artificialmente una calce magra attraverso delle addizioni intenzionali di ossido di Manganese; operazione importantissima della quale, però, non è pervenuta alcuna testimonianza scritta al di fuori della ben più tarda lezione *Sur les mortiers, la chaux maigre, le béton et la pouzzolane* (1801) tenuta all'Ecole Polytechnique²⁵. Alle pietre da calce magra già prese in esame qualche anno prima si erano aggiunte quella di Metz, da lui stesso analizzata, quella di Alberthaw segnalata da Smeaton e quella di Xaintrailles, nel Dipartimento di Lot et Garonne. Ma il loro numero rimaneva ancora troppo esiguo rispetto alle richieste che provenivano dai cantieri. Perciò ecco apparire il primo tentativo di produrre artificialmente calci magre: quattro parti di argilla grigia, sei di ossido di Manganese e novanta di marmo bianco polverizzato dovevano essere calcinate assieme, quindi raffreddate ed impastate con sessanta parti di silice²⁶.

Una proposta sorprendentemente prossima a quella del futuro cemento Portland, che stupisce maggiormente per il fatto che Guyton volle vedere nella silice e nell'allumina soltanto dei componenti accessori, nella loro funzione idraulizzante, al Manganese.

Anche quando, più di dieci anni dopo, apparve l'importante scritto dell'ingegnere capo del Corps des Mines Collet Descotils²⁷, che stabilì i primi punti fermi circa il ruolo effettivo della silice, Guyton non volle recedere dalle sue posizioni. Non potevano essere le modificazioni della silice, che secondo Descotils avvenivano in fase di cottura, a causarne "l'unione intima" con la calce poiché nel confezionare la sua calce magra artificiale Guyton aveva aggiunto la silice dopo e non prima della cottura.

²³ DE SAUSSURE H. B., *Voyage dans les Alpes*, Geneve, 1786.

²⁴ *Ibidem*.

²⁵ Vedi nota 16.

²⁶ Per la verità Guyton suggerì anche di mescolare della calce viva con una quantità di *mine de fer blanches*, cioè scorie di fonderia composte prevalentemente da carbonato di calcio ricco di Manganese, ma la soluzione si presentava comunque di scarsa praticità e quindi poco praticabile.

²⁷ COLLET-DESCOTILS, *Sur la chaux maigre*, in *Journal des Mines*, tomo XXXIV, 1813. Per la prima volta venne anche data una definizione di calce magra simile a quella moderna: «... *cette substance doit cette denomination à ce qu'elle fournit beaucoup moins de mortier que l'espèce de chaux dit grasse. Lorsqu'on l'eteint à l'aide d'une petite quantité d'eau, elle s'échauffe à peine et n'augmente pas sensiblement de volume*».

Pur ammettendo la possibilità di un tal legame nella pietra di Senonches, il vecchio Guyton volle riaffermare ancora una volta le proprietà degli ossidi metallici di Manganese e di Ferro di “neutralizzare” la calce e ciò rappresenta per noi, a tutt’oggi, il suo testamento scientifico circa i leganti idraulici.

Delle attività di studioso e sperimentatore, compiute da Guyton De Morveau nell’arco di una quarantina d’anni, rimangono alcune esperienze molto significative, che il maturare di circa due secoli di conoscenze scientifiche e di evoluzione tecnologica non ha privato di interesse.

Lasciando alla storia della scienza la valutazione critica della lettura che Guyton diede, alla luce della teoria delle affinità chimiche, dei meccanismi intrinseci sottesi ai comportamenti delle malte si deve constatare che soltanto grazie ad una metodologia analitica basata sui due momenti analisi (scomposizione del problema) – sintesi (riunione delle parti delle parti) egli poté concepire l’idea di fabbricare artificialmente una calce magra, cioè creata secondo una composizione prestabilita.

Poco importa che non avesse inteso che *calce magra* e *calce idraulica* non erano sempre sinonimi e che

il carattere idraulico era legato ad ossidi diversi da quelli di Manganese: è fondamentale, invece, riconoscere che pensò molto presto a conferire quella proprietà tramite materiali aggiunti non dopo, come le pozzolane, ma prima della cottura.

L’obiettivo di Guyton era evidentemente quello di sottrarre all’estemporaneità ed all’improvvisazione la realizzazione delle malte: operazioni di incerta esecuzione come il processo di estinzione di De La Faye, delle quali peraltro aveva ammesso la validità, dovevano essere eliminate a favore di soluzioni più sicure, quali quella dell’impiego di un legante già di per sé idraulico. Nacquero così l’idea di una calce estinta e poi nuovamente cotta, preludio alle moderne calce a doppia cottura, oppure le prescrizioni, suggerite circa quarant’anni prima della scoperta di Aspdin, per la fabbricazione di calce magre artificiali.

Guyton lasciò sempre all’empiria il compito fondamentale di convalidare i procedimenti e le soluzioni che le teorie chimiche non erano ancora in grado di comprendere: ciò gli fu consentito, però, dal contatto diretto con la tradizione del cantiere, dove la sensibilità e la manualità artigianale non erano ancora state scalzate dalla standardizzazione del prodotto industriale.

Laura Fieni