

Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

1- Le Conservatoire numérique communément appelé le Cnum constitue une base de données, produite par le Conservatoire national des arts et métiers et protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle. La conception graphique du présent site a été réalisée par Eclydre (www.eclydre.fr).

2- Les contenus accessibles sur le site du Cnum sont majoritairement des reproductions numériques d'œuvres tombées dans le domaine public, provenant des collections patrimoniales imprimées du Cnam.

Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n° 78-753 du 17 juillet 1978 :

- la réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur ; la mention de source doit être maintenue ([Cnum - Conservatoire numérique des Arts et Métiers - http://cnum.cnam.fr](http://cnum.cnam.fr))
- la réutilisation commerciale de ces contenus doit faire l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

3- Certains documents sont soumis à un régime de réutilisation particulier :

- les reproductions de documents protégés par le droit d'auteur, uniquement consultables dans l'enceinte de la bibliothèque centrale du Cnam. Ces reproductions ne peuvent être réutilisées, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.

4- Pour obtenir la reproduction numérique d'un document du Cnum en haute définition, contacter [cnum\(at\)cnam.fr](mailto:cnum(at)cnam.fr)

5- L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment possible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

6- Les présentes conditions d'utilisation des contenus du Cnum sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

Auteur(s)	Lebrun, François Martin (jeune)
Titre	Methode pratique pour l'emploi du béton en remplacement de toute autre espèce de maçonneries dans les constructions en général
Adresse	Paris : Carilian-Goeury, 1835
Collation	1 vol. ([10]-155-[1]-3-[3] p.) ; 21 cm
Cote	CNAM-BIB 8 Ko 22 Res
Sujet(s)	Gros oeuvre (bâtiment) Béton -- France -- 19e siècle
Thématique(s)	Construction
Typologie	Ouvrage
Langue	Français
Date de mise en ligne	13/06/2012
Date de génération du PDF	08/07/2020
Permalien	http://cnum.cnam.fr/redir?8RESKO22

MÉTHODE PRATIQUE

POUR

L'EMPLOI DU BETON.

PER 22

METHODE PRATIQUE POUR L'EMPLOI DU BÉTON

EN REMPLACEMENT DE TOUTE AUTRE ESPÈCE DE MAÇONNERIES
DANS LES CONSTRUCTIONS EN GÉNÉRAL.

PAR F. M. LEBRUN JEUNE,

ARCHITECTE A MONTAUBAN,

MEMBRE DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE;
CORRESPONDANT DE LA SOCIÉTÉ DES SCIENCES PHYSIQUES, CHIMIQUES,
ET ARTS INDUSTRIELS DE PARIS; CORRESPONDANT DE L'INSTITUT HISTO-
RIQUE (CLASSE DES BEAUX-ARTS), MEMBRE DE L'ACADEMIE DE L'IN-
DUSTRIE FRANÇAISE.

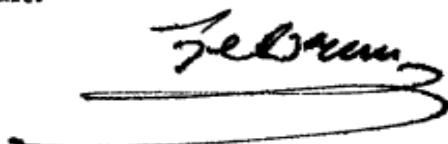


Paris,

CHEZ CARILIAN-GOEURY,
LIBRAIRE DES CORPS ROYAUX DES PONTS-ET-CHAUSSEES ET DES
MINES, QUAI DES AUGUSTINS, 41.

1835.

**Tout exemplaire non revêtu de la signature de l'auteur
sera réputé contrefait.**

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Georges Braque". It is written in a cursive style with a long horizontal line extending from the end of the signature.

Hommage

A MONSIEUR L. G. VICAT,

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE, INGÉNIEUR EN CHEF
DES PONTS-ET-CHAUSSÉES, CORRESPONDANT DE L'INSTITUT
(ACADEMIE DES SCIENCES), MEMBRE DE LA LÉGION-D'HONNEUR.

En témoignage des services éminens qu'il a rendus
à l'art de bâtir, dans son ouvrage intitulé : « RÉSUMÉ
« DES CONNAISSANCES POSITIVES ACTUELLES SUR LES QUALITÉS,
« LE CHOIX ET LA CONVENANCE RÉCIPROQUE DES MATERIAUX PRO-
« PRES A LA FABRICATION DES MORTIERS ET CIMENTS CALCAIRES ; »
et de la reconnaissance personnelle de l'auteur, à
raison des avantages qu'il en a retirés dans l'étude à
laquelle il s'est livré sur les propriétés des bétons.

LEBRUN jeune.

En fait d'ouvrages qui tendent au perfectionnement des arts, un bon genre de critique est d'en faire de meilleurs; si l'on y parvient, l'industrie y gagne; si l'on s'est trompé, le bien que devait produire l'ouvrage utile n'a pas été entravé.

Celui que je présente au public renferme d'une part des faits appuyés par l'expérience, quant au béton employé à la construction des murs et des voûtes des bâtimens d'habitation; et d'autre part, il soulève l'importante question de savoir, si le béton peut être employé avec avantage dans le massif général des ponts de toute espèce et de toutes dimensions.

Les nombreuses applications que l'on fait journellement du béton à la construction des bâtimens, dans les contrées où j'en ai moi-même fait faire les expériences, et la réussite constante qui s'attache à cette méthode de bâtir, m'autorisent à signaler cette innovation à l'attention publique, comme devant produire des améliorations importantes dans le système de construction en usage dans les contrées où les matériaux ordinaires sont d'un prix élevé. Cette méthode de bâtir peut donc être adoptée, d'hors et déjà et sans crainte, dans les localités où l'on trouve des chaux hydrauliques, des sables et des graviers ou des rocallles.

En ce qui concerne la proposition tendant à adopter la maçonnerie de béton pour la construction des culées, des piles et des voûtes de ponts, il ne m'est pas encore permis de citer des expériences récentes sur une application de cette espèce. Cependant, j'ai employé avec le plus grand succès cette matière pour des voûtes de caves, qui ont résisté, sans écrasement, à des charges considérables. L'opinion écrite de plusieurs ingénieurs de mérite, consignée dans cet ouvrage, est que le béton peut être employé avec avantage dans la construction des voûtes de ponts. L'affirmative a encore été résolue en faveur de ce système, par d'autres Ingénieurs des ponts-et-chaussées avec lesquels j'ai discuté cette importante question. Par ces motifs, je n'hésite pas à conclure que le béton peut remplacer avantageusement toute autre espèce de maçonnerie dans la construction des ponts.

Je désire ardemment que cette dernière proposition ait le mérite d'être critiquée et de captiver l'attention des hommes instruits dans l'art des constructions ; et surtout qu'elle donne naissance à de nouvelles idées ou à de nouveaux systèmes. Je recevrai avec plaisir et reconnaissance les observations de quelle nature qu'elles soient, sur l'objet de cette proposition, que l'on voudra bien me transmettre ; je les sollicite avec instance, puisque j'en trouverai sans doute qui m'éclaireront dans la série des expériences que je poursuis avec un intérêt soutenu.

METHODE PRATIQUE

POUR

L'EMPLOI DU BÉTON

EN REMPLACEMENT DE TOUTE AUTRE ESPÈCE DE MAÇONNERIES

DANS LES CONSTRUCTIONS EN GÉNÉRAL.

CHAPITRE PREMIER.

Préliminaire.

En livrant à la publicité les détails de quelques résultats que j'ai obtenus par l'emploi du béton dans la construction de murs et de voûtes de bâtiments d'habitation, je n'ai d'autre but qu'd'appeler l'attention des constructeurs sur un système de maçonnerie dont les anciens romains ont fait un fréquent usage, et qui, dans un grand nombre de localités, peut produire de grandes améliorations dans l'art de bâtir, tant sous le rapport de l'économie de la dépense, que sous celui de la bonté des ouvrages.

Les expériences auxquelles je me suis livré sur les propriétés des bétons, et les applications que j'en ai faites, m'inspirent moins de défiance, et m'autorisent à signaler à l'attention publique une innovation qui se

(2)

trouve déjà répandue et pratiquée avec avantage, dans les localités où ce système de construction a été mis en usage.

Je dois entièrement à M. Vicat, les connaissances que j'ai acquises sur les propriétés des bétons. C'est dans ses ouvrages que j'ai puisé les premiers éléments de ce système de construction (1). Si maintenant on peut bâtir avec économie dans un grand nombre de localités où les matériaux ordinaires de construction sont d'un prix élevé, la plus grande partie de ces précieux avantages seront dûs à M. Vicat, qui a rendu de si grands services à l'art de bâtir, en livrant à la publicité le fruit de ses recherches et de ses expériences sur *les Chaux, les Mortiers, et les Ciments calcaires*.

Plusieurs auteurs qui se sont occupés dans leurs ouvrages de questions relatives à l'art de bâtir, ont mentionné l'usage qu'il serait utile d'adopter, des constructions en béton. M. le colonel Raucourt de Charleville, dans son *Traité sur l'art de faire de bons mortiers*, s'exprime ainsi, page 295.

« Nous comprenons sous le nom de maçonnerie de blocage, celle dans laquelle les matériaux sont placés sans ordre, quelles que soient leurs dimensions. La ma-

(1) Recherches expérimentales sur les chaux de construction, les bétons, et les mortiers ordinaires. Paris, 1818.

Résumé des connaissances positives actuelles, sur les mortiers et ciments calcaires. Paris, 1828.

connerie de béton en est le type; on a dit comment on devait procéder à leur fabrication.

« Les anciens nous ont laissé des édifices entièrement composés avec du mortier de blocailles et de sables mêlés, qu'ils arasaien t et battaient de trois pieds en trois pieds; les modernes, et notamment à Saint-Pierre de Rome, voulurent les imiter, mais ils négligèrent cette précaution, et pour ne pas avoir massivé le sou-
bassement et le mur circulaire qui soutient ce dôme gigantesque, on fut obligé de l'envelopper avec des cercles de fer, pour assurer sa solidité menacée, et retarder probablement de quelques siècles la chute d'un édifice qui sera doublement cité parmi les exemples célèbres de dépenses improductives.

« Les Romains ont aussi construit des voûtes entières en maçonnerie de blocage, ainsi qu'on le remarque aux thermes, aux théâtres, aux cirques, au Colysée; ils les moulaient sur des cintres, qui portaient en relief des caissons et autres ornemens, et reliaient souvent par des chaînes en brique. On les a imités dans beaucoup de constructions modernes, en Espagne, etc. Dans quelques parties de l'Italie, on bâtit encore de cette manière, mais dans beaucoup d'autres lieux on construit les maisons en pisé, c'est-à-dire avec de la terre humide massivée.

« Les constructions en mortier de blocailles étaient parfois maintenues par des paremens en briques, en pierres, etc.; souvent, à la manière du pisé, elles se

(4)

moulaient dans des caisses mobiles en planches, en battant très fortement avec des pilons et des dames en madriers.

« Peu de personnes conçoivent la possibilité de masser des mortiers, parce qu'on suppose toujours qu'un mortier est un corps liquide, qui fuit nécessairement sous le pilon, et comme l'eau et les pierres sont sensiblement incompressibles, il y aurait quelque folie à recommander de les battre, aussi bien réunis que séparément.

« Ce seul fait prouve que les mortiers romains n'étaient pas liquides. En supposant qu'ils fussent de 3^e ou 4^e consistance au moment de la confection, l'instant de repos qu'ils pouvaient avoir jusqu'au moment de l'emploi, leur donnait la première résistance; si bien, qu'au moment de s'en servir, et de les jeter à la pelle dans les encaissemens en pierres, en briques ou en bois qui devaient les recevoir, ils devaient laisser entre eux, comme des terres franches brisées, des vides qu'on ne pouvait les obliger à remplir, qu'en les battant fortement. Dans cette opération, l'eau rendue latente par le mortier devait reparaître, le mortier revenait à son état de 4^e consistance, en se mouvant parfaitement. Les couches supérieures ajoutées devaient encore aider au retrait successif de ces masses de mortiers de blocailles, qui d'ailleurs doivent en offrir très-peu, si l'on n'emploie que la quantité de parties enveloppantes nécessaires pour remplir les vides des parties envelop-

pées qui, portant l'une sur l'autre, présentent toujours une masse d'un volume constant.

« La difficulté d'obtenir des mortiers qui résistent mieux que les terres aux intempéries, a sans doute été une des causes qui ont empêché jusqu'à présent l'usage de construire en mortier de blocailles de se répandre dans le nord.

« Cependant ces constructions sont si solides et surtout si peu coûteuses, qu'il est à désirer de les voir se reproduire; et comme on peut faire partout des mortiers hydrauliques, il peut être très-utile d'en recommander l'application, surtout dans les pays où l'on n'a que des cailloux roulés et de très-petites pierres, pour les gros murs et les voûtes, pour les massifs entiers de ponts, d'aqueducs, de conduits d'eau, etc.; en employant les mêmes précautions que pour le pisé, il n'est presque pas d'espèce de travaux qu'on ne puisse entreprendre, et d'une manière fort économique; car on estime qu'il faut un tiers de mortier dans les maçonneries de moellons, et l'on en emploierait plutôt moins que plus dans les maçonneries de blocailles; d'ailleurs, des pierres qu'on trouve en débris sont toujours meilleur marché que des pierres extraites des carrières, et je pense qu'il en coûterait moins de main-d'œuvre pour toute espèce de construction.

« Parmi les usages variés qu'on pourrait faire des mortiers hydrauliques employés avec des blocages, nous citerons encore les aires, les terrasses, les pierres factices et les bétons..»

M. Borgnis, ingénieur, dans son ouvrage intitulé : *Traité élémentaire de construction, appliquée à l'architecture civile*, a donné des détails assez étendus sur les constructions en maçonnerie de béton. Je vais transcrire ici une partie des détails contenus à la page 133 et les suivantes.

« De toutes les espèces de maçonneries, aucune ne fut plus en usage chez les Romains que celle qui était faite en béton, blocaille ou blocage; elle s'effectuait à l'aide d'un encasement.

« Les parements des murs en béton, étaient formés de briques ou de moellons; de l'excellent mortier entremêlé de débris de pierres ou de briques, constituait le remplissage intérieur. Ce remplissage était battu et massivé par couches régulières, de manière que les vides se trouvant partout exactement remplis, la masse de la maçonnerie acquérait une telle compacité qu'au bout de quelque temps on pouvait le considérer comme un seul bloc de pierre factice, qui souvent rivalisait en dureté avec les meilleures pierres.

« Cette méthode conciliait la solidité avec l'économie; car elle donnait le moyen d'employer toutes les reçoupes de pierre de taille, les cailloux, les petits moellons et tous les matériaux de moindre valeur.

« L'exécution en était prompte et facile, et, plus qu'aucune autre, elle était en état de résister à l'action destructive de l'air et de l'humidité; car

les matières ; resserrées par leur propre poids et fortement battues au pilon , acquerraient une continuité et une compacité que ne peuvent atteindre les autres espèces de maçonnerie.

« Les admirables vestiges de constructions colossales en blocaille exécutées par les anciens , sont des preuves palpables de la bonté de cette méthode , qui a servi pour la construction des murs , pour les voûtes , les terrasses , les pavés de maisons et les grands chemins militaires . »

En parlant des voûtes en béton , le même auteur s'exprime ainsi , page 188 :

« Les voûtes antiques dont on admire la conservation dans les monumens romains , sont construites la plupart en maçonnerie de béton , entremêlées de chaînes en briques ; les voûtes du Colisée , des Thermes , celles des temples de la Paix , de Minerva - Medica , de Vénus et Rome étaient ainsi construites . On remarque au Colisée et aux Thermes de Caracalla des voûtes en béton , dont l'intrados est formé par des assises de grandes briques carrées posées à plat .

« Les anciens employaient dans la construction de leurs voûtes les mêmes précautions dont ils firent usage dans celle des murs pour prévenir les désunions dans la masse , que des tassements irréguliers auraient pu produire avant que le béton eût acquis une consistance suffisante . Ces précautions consistaient ,

1^o à former de distance en distance, le long de la voûte, des arcs en briques ou en pierres qui remplissent le même objet que les chaînes dans les murs ; 2^o à massiver le béton au fur et à mesure qu'on le déposait sur le cintre ; 3^o à ne pas opérer le décintrement avant que le béton ne fût suffisamment endurci.

« Les voûtes en béton sont les meilleures que l'on puisse employer pour les grands édifices, tels que les églises, les salles de grandes dimensions. Elles présentent des avantages qui les rendent incontestablement préférables à celles en pierre de taille. Les Romains, qui savaient si bien concilier la solidité avec l'économie , et obtenir, par de moyens simples , faciles et expéditifs , des constructions d'une grandeur et d'une magnificence admirables , ont constamment fait usage du béton pour former les voûtes des temples, des grands salons, des cirques, des amphithéâtres.

« La voûte sphérique du Panthéon à Rome , qui a 133 pieds romains de diamètre; la voûte à arêtes de l'*Hexedra amplissima* des Thermes de Dioclétien , qui a 74 pieds de diamètre sont en béton et leur conservation est aussi parfaite que lorsqu'elles furent érigées. La voûte à berceau de la grande nef de Saint - Pierre de Rome est également en béton , et elle a 82 pieds romains de diamètre, et 144 de hauteur.

« Les voûtes en béton s'exécutent avec une facilité extrême, quelles que soient leurs formes et leurs dimensions. Il suffit de déposer le béton sur le cintre couvert de planches, qui sert de moule à la voûte; de massiver ce béton, et de former, de distance en distance, des chaînes en briques ou en pierres. On forme avec des morceaux de planches, en saillie sur le cintre, toutes les parties qui doivent être renfoncées dans la voûte, telles que les caissons et les autres compartiments. De cette manière, les anciens ont pu, sans augmenter la dépense de construction, orner leurs voûtes avec magnificence, comme on le voit au Panthéon à Rome, au Temple de la Paix, à celui de Vénus à Rome, dans l'église antique de San-Bernardo, qui était un des *calidarii* des thermes de Dioclétien.

« Si l'on compare cette méthode si peu coûteuse, si facile, si expéditive, avec celle des voûtes en pierre de taille usitée à Paris, l'on est étonné que des architectes de mérite, qui ont étudié les monumens antiques, aient pu l'adopter, malgré ses imperfections évidentes.

« La taille exacte des voussoirs en pierre qui forment les voûtes modernes, exige des soins et des précautions qui ne sont pas sans difficultés, et le travail en est aussi long que coûteux. Le mouvement de ces lourdes masses est pénible, et ne peut s'effectuer qu'à l'aide d'échaffaudages volumineux et de machines. La mise en œuvre demande des ouvriers exercés et intelligens, et présente de graves inconvénients si l'on fait usage de

cales. Les caissons et autres compartimens, devant être sculptés sur place, deviennent très-dispendieux, et n'ont presque jamais ces renflements bien prononcés, qui donnent tant de majesté aux compartimens antiques. Les pierres acquièrent, avec le temps, des teintes différentes qui produisent un effet désagréable. Ces sortes de voûtes ne se prêtent point aux peintures à fresque, qui enrichissent d'une manière si brillante les édifices italiens.

« Les voûtes en pierre de taille présentent d'autres inconvénients, par rapport à la solidité. Leur poids, bien plus grand que celui des voûtes en béton ou en briques, rend la poussée plus forte, et exige des supports d'autant plus volumineux, que le peu de mortier placé dans les joints ne produit pas une adhérence aussi complète comme dans les voûtes composées de petites masses conglomérées par le mortier qui les enveloppe de toutes parts.

« On peut objecter que des constructions qui réussiraient bien dans des pays chauds et secs, peuvent ne pas convenir à des climats humides et plus froids ; mais cette objection s'évanouit à la vue des monumens antiques encore existans. Il résulte que les Romains ont employé avec succès ce même genre de construction, dans les pays septentrionaux, comme dans les pays méridionaux ; on trouve des restes de monumens antiques aussi bien conservés dans des lieux exposés à de très-grandes variations de température, causées par les

pluies, les brouillards qui y règnent pendant la plus grande partie de l'année, comme en Italie, où l'air est plus pur, plus sec et plus égal. La brumeuse Angleterre conserve encore la muraille des *Pictes*, qui la sépare de l'Écosse, et que Sévère fit construire; on y admire encore un amphithéâtre, des vestiges de bains, des restes imposans de voies antiques, où le béton fut employé. La France conserve des restes de maçonneries antiques en béton, que leur parfaite conservation rend admirables. Il suffit de citer la belle salle des thermes de Julien, à Paris. La voûte de cette salle a été pendant plusieurs siècles, exposée à découvert, à l'action immédiate de l'humidité; néanmoins elle est parvenue intacte jusqu'à nous, pour témoigner que l'on peut, à Paris, aussi bien qu'à Rome, former économiquement de solides constructions avec de très-petits matériaux, sans prodiguer inutilement les pierres de taille. Il suffit que l'on sache employer du bon mortier, et qu'on mette en usage les méthodes utiles de M. Vicat sur la composition des mortiers et des bétons. »

On trouve dans l'excellent ouvrage sur l'art de bâtir, de M. Rondelet, quelques détails sur les constructions en béton en usage chez les Romains, qu'ils employaient aux voûtes et aux murs de leurs édifices. Ce savant architecte, nous apprend à la page 272 du tome 2^e de son ouvrage, que « c'est à la bonté du mortier des anciens Romains, et à la propriété qu'il avait, de former

avec de très-petites pierres, ou des briques, des constructions solides et faciles à exécuter, qu'il faut attribuer le nombre considérable de grands édifices bâties sous les règnes des Empereurs. Ce genre simple, qui permettait d'employer des milliers d'ouvriers à la fois, et qui se prêtait à l'exécution de toutes sortes de formes, rendait possible ce qui aurait été d'une difficulté insurmontable par les autres moyens. Les formes circulaires et les voûtes, exigent, dans les constructions en pierres de taille et même en bois, des connaissances particulières, un travail extraordinaire, des matériaux choisis, ou d'un volume considérable, difficiles à transporter et à mettre en place; occasionnent beaucoup de déchet, de temps et de dépenses, tandis que celles en petits moellons deviennent des ouvrages ordinaires, qui ne demandent qu'un peu de soin.

« On est étonné, lorsqu'on parcourt les ruines des anciens édifices de Rome, de voir qu'ils ont presque tous été construits avec de petites pierres informes, qui n'excèdent point la grosseur du poing, et que nous rebuterions pour nos constructions les plus communes. C'est cependant de cette manière, qu'ont été bâties les palais des Empereurs, la maison dorée de Néron, qui en faisait partie, le temple de la Paix, le Panthéon d'Agrippa, les thermes, les cirques, les naumachies et la plus grande partie des théâtres et des amphithéâtres.

« Les murs et points d'appui de la plupart de ces édi-

fices ont été construits en maçonnerie de blocage, revêtus de briques ou de petits moellons de tuf. On peut les considérer comme ayant été moulés, et ne formant qu'une seule pièce. On voit qu'il a fallu la violence, pour détruire les parties qui manquent, puisque celles dépouillées de leurs revêtemens existent dans cet état depuis plusieurs siècles, et que les édifices, ou parties d'édifices antiques, construits dans le même genre, auxquels on a donné une destination, se sont conservés en aussi bon état que les édifices modernes construits à neuf, à l'époque de leur restauration.

.....

« La précaution que les anciens constructeurs romains avaient d'arroser et de battre leur maçonnerie de quatre pieds et demi en quatre pieds et demi, obviait au tassemement considérable dont ce genre de construction est susceptible; aussi on ne remarque, dans presqu'aucun des murs antiques qui existent, de lézardes, ni de désunions. Ces murs dépouillés de leurs paremens, paraissent ne former qu'une seule masse.

« Les modernes ont fait, dans plusieurs circonstances, des maçonneries par encassemment pour des fondemens, des ouvrages dans l'eau ou destinés à en contenir. Leur procédé a été de former avec du gros gravier ou des recoupes de pierre et de la chaux nouvellement éteinte, une espèce de mortier ou béton. Dans les pays où la chaux est bonne, ce béton, bien fait et bien broyé, forme par la suite des masses d'une seule pièce. A Lyon

on en fait usage pour fonder les puits, les murs de quais, les pieds de pont : on en forme des bassins qui contiennent l'eau comme un vase de terre cuite.

« Pour que cette maçonnerie séche plus vite, et qu'elle acquière plus de consistance, il faut qu'elle soit battue.

« On pourrait bâtir de cette manière, des murs, où l'on emploierait toute sorte de débris et de pierrailles, en faisant usage d'encaissemens mobiles, à-peu-près semblables à ceux qu'on emploie pour le pisé. »

Rondelet parle dans le chapitre troisième du même livre, des voûtes en béton en usage chez les anciens Romains, qui, dit-il, dans les premiers temps, paraissent avoir imité les Thyrréniens dans les divers procédés de l'art de bâtir ; ils construisirent comme eux des voûtes en blocages, espèce de maçonnerie composée, comme on l'a déjà vu, de petites pierres informes mêlées avec le mortier. C'est en massant ce mélange dans des encaissemens, ou sur les cintres recouverts de planches, qu'ils parvenaient à former des murs et des voûtes, pour ainsi dire d'une seule pièce. On retrouve encore dans le territoire de l'ancienne Étrurie, plusieurs ouvrages des inventeurs de ce genre de construction, entr'autres la piscine, découverte en 1739, auprès de Volterra, l'ancienne *Volaterræ*. On voit aussi au lac d'Albano, une voûte exécutée en blocage, en raccord avec des arcs en pierre de taille, qu'on peut regarder comme un des premiers ouvrages des Romains en ce genre.

Par l'emploi du béton, en remplacement des pierres de taille et des briques, on supprime tout l'attirail des énormes voitures, celui des machines multipliées; en un mot, les bras sont uniquement employés à la chose même, et l'ouvrage peut être exécuté avec une rapidité étonnante.

Enfin, je transcrirai ici un rapport fait à la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale, par M. Gourlier, architecte à Paris, au nom du Comité des arts économiques, sur un mémoire que j'adressai à cette société, au mois de février 1832, concernant la construction d'une maison d'habitation exécutée entièrement en maçonnerie de béton, par M. Jean-Auguste Lebrun, mon frère, sur sa propriété à Marssac, près Albi.

Cette espèce de maçonnerie a été exclusivement employée pour les murs en général, pour les voûtes souterraines, et pour celles des planchers et des toitures. Ce bâtiment, construit depuis plus de trois ans, n'a pas éprouvé la moindre dégradation par l'effet des intempéries des saisons; les bétons présentent une surface très-dure, qui imite la pierre de taille, surtout dans les parties le plus exposées au mauvais temps; ils ont également très-bien résisté aux gelées que certaines personnes pensent devoir être contraires à la réussite de ce système de construction. Il s'est manifesté des fissures dans quelques parties des murs et de la voûte du comble de ce bâtiment; cet accident ne

doit nullement être attribué à la nature des matériaux de cette construction ; il provient de ce que les fondations sont faites en pisé et avec peu de soin, et qu'alors, il s'est opéré quelques tassemens, qui ont amené des déchiremens dans la voûte, par l'effet de la désunion des parties constitutives du béton. Cet évènement aurait eu lieu pour toute autre espèce de maçonnerie, car faut-il avant tout, que les fondations sur lesquelles on veut éllever un édifice quelconque, soient solidement établies. Lorsque les fondemens de cette habitation furent construits, on ne pensait pas à étendre d'une manière aussi complète, l'application du béton à toutes les parties de cette construction ; on y fut conduit par une série d'expériences heureuses. Si l'on avait pu supposer qu'un succès aussi complet eût couronné cette entreprise, il est hors de doute que les fondations eussent été exécutées avec plus de soin.

RAPPORT fait par M. Gourlier, au nom du Comité des arts économiques, sur un mémoire de M. Lebrun jeune, architecte, relatif à l'emploi du béton pour la construction entière d'une maison d'habitation. (1)

« On sait qu'on entend généralement par *béton*, un mortier composé ordinairement de chaux plus ou moins hydraulique, et de sable ou ciment (c'est-à-dire

(1) Bulletin de la Société d'encouragement, du mois de mars 1852.

d'une matière plus ou moins énergique, en raison inverse du degré d'hydraulicité de la chaux), et mélangé de petits matériaux irréguliers, tels que cailloux, graviers, meulières, moellons concassés, morceaux de briques ou autres de même genre, dont la destination est de concourir à la solidité de l'ouvrage, tout en économisant l'emploi de ces sortes de mortiers, toujours assez coûteux.

« Ce mode de construction s'emploie ordinairement par *blocage* ou *encaissement*; il convient particulièrement aux massifs et aux fondations, et surtout, lorsque les matières employées à la confection du mortier sont suffisamment hydrauliques, aux travaux qui ont à résister à l'action de l'eau et de l'humidité.

« Les anciens Romains en ont, dans ces différens cas, fait usage très fréquemment, et de la manière la plus importante, principalement dans les constructions qui appartiennent aux temps des Empereurs, ainsi que le prouvent les restes des naumachies, des thermes, d'une partie des théâtres et amphithéâtres, du Panthéon, du Temple de la Paix, etc.

« Jusqu'à ces derniers temps, les modernes ont également plus ou moins fait usage de ce mode de construction partout où il se trouvait favorisé par la qualité naturellement supérieure des chaux et des ciments, par exemple, en Italie et dans certaines parties de la France, telles que le Lyonnais, le pays Messin, etc.; mais ils ne l'ont guère employé que pour les ouvrages

en fondation, ou pour les travaux destinés à être immersés; l'intervention de l'humidité et même de l'eau, ou au moins l'absence plus ou moins complète de l'action de l'air, étant en général ou nécessaire ou désirable pour le succès des chaux purement hydrauliques. Ainsi, l'*Encyclopédie méthodique* rapporte, au mot *voûte*, la méthode usitée en quelques endroits de la Bresse ou du Lyonnais, pour la construction en béton, des *voûtes de caves*, et même des murs.

« Les belles recherches de MM. Berthier, Vicat et autres savans, sur la nature des chaux, et en général sur *l'Art de composer et employer les mortiers*, ont dû nécessairement rendre plus fréquent et plus général l'emploi du *béton*. Aussi, en a-t-il été fait récemment de nombreuses et importantes applications, soit dans les grands travaux exécutés pour le gouvernement, par MM. les ingénieurs des ponts-et-chaussées, soit dans d'autres entreprises publiques ou particulières. Je me contenterai de citer les fondations de la partie neuve de l'église Bonne-Nouvelle, à Paris, et celles de la papeterie d'Écharçon, près Essonne, exécutées, les premières, dans un terrain entièrement composé de remblais, et les dernières, dans un sol tourbeux et inondé.

« Mais on voit qu'il ne s'agit toujours là que de l'emploi à l'abri de l'air, circonstance qui n'exige, en général, que des mortiers plus ou moins hydrauliques, tandis que l'emploi à l'air libre exige une qualité tout-

à-fait supérieure, comme celle des *chaux éminemment hydrauliques*, qu'on peut appeler par cette raison, *hydrauliques-aériennes*. Tels sont, par exemple, le *ciment romain*, employé ainsi depuis un grand nombre d'années en Angleterre; celui de même nature, qu'on a trouvé à Boulogne, mais en trop petite quantité pour devenir l'objet d'une fabrication continue; et enfin, celui qui a été découvert et mis en usage plus récemment par M. l'ingénieur *Lacordaire*, à Pouilly, en Bourgogne.

« Telle paraîtrait être à-peu-près, la matière qui fait l'objet du mémoire que M. Lebrun jeune, architecte, membre de la société, lui a adressé. Je vais présenter un extrait de ce mémoire.

« En raison de l'extrême rareté des moellons, dans la plus grande partie du département du Tarn, les constructions en maçonnerie sont le plus ordinairement exécutées en briques, et le prix en revient à 16 ou 17 fr. le mètre cube pour les murs, 22 fr. pour les briques taillées des ouvertures, et 28 à 30 fr. pour les ouvrages avec moulures; et moyennant environ 20 fr. en raison de la proportion dans laquelle ces diverses sortes d'ouvrages sont ordinairement employées, l'une par rapport à l'autre.

« D'un autre côté, il paraît que certaines parties de ce département, et notamment les environs de Gaillac et d'Albi, fournissent de la chaux d'une qualité supérieure; ce dont le frère de M. Lebrun, s'étant conyaincu

dans un grand nombre de travaux hydrauliques exécutés dans ce département, et presqu'entièrement en béton, il résolut de faire construire, également en béton, un petit bâtiment d'habitation, sur un domaine qui lui appartient.

« Je dépose sur le bureau une feuille de dessin, présentant les plan, coupe et élévation de ce bâtiment, qui se compose d'un petit étage voûté en trois parties, d'un étage au-dessus formant trois pièces, et d'un grand grenier ou galetas au-dessus, également voûté. Sur l'une des faces règne une galerie de toute la hauteur du bâtiment, élevée sur un petit étage voûté.

« Je répète que la totalité de cette construction est en béton, même les arcades et moulures qui décorent les faces extérieures, les escaliers aussi extérieurs qui montent du sol à l'étage principal, les voûtes de l'étage inférieur, qui ont, savoir : pour celle de la galerie, 3 mètres de corde, 30 centimètres seulement de flèche, et 12 centimètres d'épaisseur à la clef, et pour chacune des trois autres, 5 mètres 30 centimètres de corde, 1 mètre de flèche, 25 centimètres d'épaisseur à la clef; les deux voûtes en plein cintre, qui forment le comble de ce bâtiment, dont la principale à 6 mètres 20 centimètres de diamètre intérieur, et une épaisseur de 25 centimètres à la naissance, et de 15 centimètres à la clef; et celle de la galerie 3 mètres de diamètre, une épaisseur de 15 centimètres à la naissance, et 8 centimètres seulement à la clef. Quant aux planchers

au-dessus de l'étage principal, chacun d'eux est partagé en trois parties par deux poutres, à 1 mètre 80 centimètres de distance, et l'intervalle est rempli par une petite voûte également en béton, ayant 15 centimètres de flèche et une épaisseur de 25 centimètres au droit des poutres, et de 10 centimètres seulement, au sommet.

« Le béton a généralement été composé dans la proportion suivante :

« Une partie de chaux éteinte par immersion ;

« Une partie et demie de sable pur ;

« Et deux parties de graviers (ou plutôt de cailloux) de 8 à 12 centimètres de grosseur, suivant l'épaisseur des parties auxquelles le béton devait servir. Ainsi, les plus gros étaient employés pour les murs et massifs, les plus petits, pour les voûtes les plus minees, etc.

Le tout a été longuement mélangé à force de bras, puis fortement massivé dans des encassemens, au moyen desquels la construction a eu lieu, par assises régulières de 30 centimètres de hauteur, à-peu-près, ainsi qu'on reconnaît dans les ruines des édifices antiques de cette nature qu'ils ont dû être exécutés, et qu'on le fait encore pour la terre employée dans le Lyonnais et en Dauphiné, et pour les constructions en pisé, avec cette différence, que les *banches*, au lieu d'être d'une longueur plus ou moins restreinte comme pour le pisé, étaient placées en même temps dans toute la longueur des murs. Les arcades et voûtes ont

étés établies au moyen de cintres en planches, et les moulures à l'aide d'encaissemens profilés en creux. On avait soin en général, de placer au droit de toutes les surfaces destinées à être apparentes, une légère couche de mortier en sable tamisé qui, bien lissé après coup, a donné des paremens très-unis, et des arêtes très-vives.

« Le temps nécessaire pour amener le mortier à un premier degré de dessiccation, était à-peu-près, de six heures en été, et de douze heures au printemps; et en général, chaque assise étant continuée en même temps dans tout son pourtour, lorsqu'elle se trouvait terminée, la partie exécutée en premier lieu avait suffisamment fait prise pour permettre qu'on enlevât les banches, et qu'on commencât l'exécution de l'assise supérieure. Quant aux arcades et voûtes, les cintres ont été enlevés au bout de quatre jours pour les arcades, d'un mois pour les voûtes de la galerie, et de deux mois et demi pour la grande voûte, afin que le béton, ayant acquis un degré de consistance suffisant, ces voûtes ne formassent plus, à cette époque, qu'un massif sans poussée.

« Les surfaces extérieures des murs de face et de la grande voûte formant comble, ont été recouvertes de plusieurs couches de peinture à l'huile, tant comme décoration, que dans la crainte qu'elles ne fussent pas encore en état de résister aux pluies et aux gelées de l'hiver qui a suivi l'été pendant lequel elles ont été

exécutées; mais dans un mémoire supplémentaire, M. Lebrun assure que des blocs isolés et non recouverts de peinture, ont résisté à toutes les intempéries et à toutes les rigueurs des saisons.

« Suivant M. Lebrun, cette construction exécutée, à ce qu'il paraît depuis un ou deux ans, n'a pas éprouvé la moindre altération; et des certificats du Préfet du département du Tarn et du Sous-Préfet de l'arrondissement de Gaillac, dont il donne la copie, et dont il fournirait au besoin des originaux, attestent qu'elle paraît d'une parfaite solidité, et qu'elle offre toute l'apparence des constructions de pierre.

« Afin d'éprouver la solidité de l'une des voûtes de l'étage inférieur, trois mois après son décintrement, elle a été recouverte, dans toute son étendue, d'une couche de terre de trois mètres de hauteur, sans éprouver la moindre altération.

« Enfin, d'après M. Lebrun, ce mode de construction ne revient moyennement, qu'à 8 fr. 20 cent. le mètre cube; ce qui ferait plus de moitié d'économie, comparativement aux constructions en briques, dont on se sert ordinairement dans le pays, d'après ce que j'en ai dit en premier lieu.

« Tels sont les faits qui résulteraient du mémoire de M. Lebrun.

« Sans doute son témoignage, et comme architecte et comme membre de la société, doit inspirer de la confiance, et il en est de même des attestations de

MM. les Prefet et Sous-Prefet. Mais le comité des Arts économiques a pensé, et le conseil pensera sans doute que, pour un objet de cette nature, il est nécessaire, avant de prononcer un avis définitif, d'abord, d'attendre les effets d'un temps plus long, et ensuite d'être éclairé par l'opinion de gens de l'art, entièrement désintéressés dans la question, et jugeant de *visu*.

« Du reste, on ne peut qu'applaudir au zèle et à l'intelligence avec lesquels M. Lebrun a cherché à introduire, dans le pays qu'il habite, un mode de construction si non entièrement nouveau, au moins d'une application nouvelle, bien approprié à la nature des matériaux que ce pays produit, et qui paraît devoir y être économique.

« Toutefois, en admettant qu'en général les avantages de ce mode de construction soient susceptibles d'être confirmés par l'expérience, l'exemple qu'en a donné M. Lebrun, paraîtrait susceptible de quelques objections.

Ainsi, quant à la construction des planchers, on pourrait craindre que l'action de la chaux ne détériorât promptement les poutres qui en forment les divisions. Dans la plupart des localités, il serait sans doute possible de se procurer du plâtre pour remédier à cet inconvénient, à l'égard des planchers; mais il n'en serait pas de même quant aux faces longitudinales de ces poutres, contre lesquelles les petites portions de voûtes en béton doivent nécessairement s'appuyer.

« En général aussi, l'emploi du béton comme de toute autre matière plus ou moins analogue, paraît peu applicable à former seul le corps des voûtes d'une épaisseur aussi minime; car si, soit par le tassement du sol, soit par toute autre cause, le moindre déchirement a lieu, la voûte est nécessairement en danger de s'écrouler.

« Sauf le mérite de ces observations, et la sanction de l'expérience dûment constatée par des gens de l'art, votre comité des Arts économiques pense qu'il y a lieu de remercier M. Lebrun de sa communication, et de le prier de témoigner à M. son frère tout l'intérêt que vous ont inspiré ses essais, et tout le plaisir que vous éprouverez à les voir couronnés d'un succès constant.

« Peut-être aussi penserez-vous qu'il ne serait pas inutile d'appeler sur cette nouvelle application l'attention des gens de l'art, en publiant le présent rapport dans votre *bulletin*.

« Approuvé en séance, le 7 mars 1832.

« Signé GOURLIER, rapporteur.

La seule objection qu'il soit permis de faire contre l'adoption de ce système de construction, c'est que la cupidité des démolisseurs sera peu satisfaite du produit des matériaux employés à ces ouvrages. Cette objection sera de peu d'importance sans doute, si l'on admet, ainsi que cela doit être, que lorsqu'on bâtit ce n'est

pas dans l'intention de démolir plus tard, mais de faire des constructions solides et économiques, autant que possible.

Si dans la plupart de ces monumens romains que l'on retrouve encore en Italie, en France, en Angleterre, etc., et que les siècles n'ont pu détruire, on avait employé des matériaux en usage de nos jours, nul doute que ces restes précieux de l'antiquité ne seraient pas parvenus jusqu'à nous, pour témoigner de la magnificence des constructions romaines. Nul doute aussi, que nous retrouverions encore des édifices du moyen âge desquels il ne reste plus que les emplacements et quelques ruines.

Ce que les romains ont fait il y a des siècles, peut être encore exécuté de nos jours. Nous possédons à-peu-près les mêmes matières; il ne s'agit donc que de les préparer et d'en faire l'emploi d'après de bonnes méthodes, et au moyen de procédés négligés ou inconnus par le plus grand nombre de constructeurs.

CHAPITRE II.

DES CHAUX HYDRAULIQUES, DES SABLES, DES CIMENS, DES POUZZOLLANES ET DES GRAVIERS.

Avant d'entreprendre le détail des différens ouvrages pour lesquels j'ai fait l'emploi exclusif de la maçonnerie de béton, et avant de chercher à faire connaître dans combien de cas cette espèce de maçonnerie peut

être employée avec avantage dans les constructions en général, il importe d'être fixé sur la nature, les qualités et les propriétés des parties constitutives des bétons, telles que les chaux, les sables, les cimens et les graviers; il importe aussi d'apprécier ces matières, non-seulement sous le rapport de leur nature et de leurs qualités, mais encore sous celui des préparations auxquelles on doit les soumettre avant de les employer. Les recherches faites par M. Vicat, sur les mortiers et la meilleure méthode de fabrication, dont l'expérience a constaté la bonté, m'ont toujours servi de guide dans mes opérations; les résultats que j'en ai obtenus ont été des plus satisfaisans. L'objet de ce petit travail ayant pour but principal de faire connaître dans combien de cas la maçonnerie de béton peut avantageusement remplacer les maçonneries ordinaires, et d'indiquer les meilleurs moyens de composition, de fabrication et d'emploi des bétons, selon la place qu'ils devront occuper dans un bâtiment, les détails que je donnerai sur les qualités et la préparation des chaux, des sables et des cimens, seront extraits en partie de l'excellent ouvrage de ce savant ingénieur.

ARTICLE PREMIER.

DE LA CHAUX.

Les chaux hydrauliques étant seules propres à la fabrication des bétons, je ne parlerai des chaux grasses que parce qu'elles servent quelquefois à la composition

de chaux hydrauliques artificielles ; elles sont d'ailleurs assez connues dans tous les pays. Je diviserai les chaux hydrauliques en général en deux classes : chaux hydrauliques naturelles, et chaux hydrauliques artificielles ; j'examinerai ensuite quel est le meilleur mode d'extinction.

§ 1^{er}.— *Des Chaux hydrauliques naturelles.*

Avant les expériences de M. Vicat sur les chaux et les mortiers, on ne connaissait en France que peu de localités fournissant de la chaux hydraulique. On en trouve aujourd'hui, grâce à ses recherches, dans un grand nombre de départemens, tels que ceux du Tarn, de Tarn-et-Garonne, du Lot, du Lot-et-Garonne, de l'Hérault, des Hautes et Basses-Pyrénées, de la Gironde, de la Dordogne, de la Charente, du Cher, du Rhône, de l'Yonne, de la Nièvre, de l'Isère, du Jura, du Doubs, du Haut-Rhin, etc. etc.

Les chaux hydrauliques naturelles sont toujours *maigres* (1), quelquefois *moyennes*, et jamais *grasses*. La

(1) Quoique la désignation de *maigre* ne convienne pas dans tous les cas aux chaux hydrauliques, je crois devoir maintenir cette expression, parce que beaucoup de constructeurs pensent que les chaux les plus hydrauliques sont les plus maigres. Il est des chaux maigres qui n'ont pas plus d'énergie que les grasses; il faut alors modifier les proportions des ingrédients des mortiers, attendu qu'à volume égal elles contiennent plus d'oxides terreux ou métalliques que les chaux hydrauliques.

couleur ne constitue pas toujours ces propriétés, car une très-petite quantité de fer suffit pour altérer la blancheur ordinaire de la chaux, et lui communiquer une teinte fauve, rousse, ou jaune-verdâtre que l'on remarque fréquemment; il est donc tout simple qu'une chaux soit colorée sans cesser d'être grasse, comme aussi rien n'empêche qu'une chaux très-blanche ne soit éminemment hydraulique, puisqu'elle peut ne devoir cette propriété qu'à la présence d'une argile pure, c'est-à-dire, uniquement composée de silice et d'alumine.

« Les chaux moyennement hydrauliques, dit M. Vicat, font prise après quinze ou vingt jours d'immersion, et continuent à durcir; mais leurs progrès deviennent de plus en plus lents, surtout après leur sixième ou huitième mois; après un an, leur consistance est comparable à celle du savon sec. Elles se dissolvent encore dans une eau pure, mais avec beaucoup de difficultés. Leur foisonnement est variable; il atteint souvent le terme des chaux maigres (1), sans s'élever jamais à celui des chaux grasses.

« Les chaux hydrauliques font prise après six ou huit jours d'immersion, et continuent à durcir; les progrès de cette solidification peuvent s'étendre jusqu'au douzième mois, quoique la plus grande partie du travail soit faite après six mois. A cette époque, déjà

(1) Le volume des chaux maigres n'augmente que peu ou pas du tout.

La dureté de la chaux est comparable à celle de la pierre très-tendre, et l'eau ne l'attaque plus. Son foisonnement est constamment faible comme celui de la chaux maigre.

« Les chaux éminemment hydrauliques, font prise du deuxième au quatrième jour d'immersion. Après un mois, elles sont déjà fort dures, et tout-à-fait insolubles. Au sixième mois, elles se comportent comme les pierres calcaires absorbantes dont le parement peut être layé; elles donnent des éclats par le choc, et présentent une cassure écailleuse. Leur foisonnement est constamment faible comme celui des chaux maigres.

« Du reste, les chaux grasses, les chaux maigres, et les chaux hydrauliques de tous les degrés, peuvent être blanches, grises, fauves, rousses, etc.

« Nous disons que la chaux a fait prise, quand elle porte sans dépression une aiguille à tricoter de 0 cent. 12 de diamètre, limée carrément à son extrémité, et chargée d'un poids de 0, k. 30. En cet état, la chaux résiste au doigt, poussé avec la force moyenne du bras; elle ne peut plus changer de forme sans se briser. »

Les chaux grasses n'ont pas la propriété de durcir après leur immersion; elles restent constamment à l'état de pâte molle, non-seulement dans l'eau, mais dans les bassins imperméables où on les éteint, si l'on a eu la précaution de les couvrir avec de la terre ou du sable. Alberti dit que l'on trouva dans une fosse de la chaux

éteinte depuis environ 500 ans, qui était encore moite et très-bien délayée.

Pour connaître la qualité d'une pierre à chaux, prenez un ou plusieurs fragmens que vous ferez calciner à un feu de forge alimenté au moyen du charbon de bois; après que la pierre se sera maintenue pendant une heure au moins au rouge, on la déposera dans un vase quelconque sous une eau pure; si au bout de huit à qninze jours cette bouillie a pris de la consistance et résiste à l'impression du doigt, c'est une preuve qu'elle peut fournir de la chaux hydraulique; dans le cas contraire, et si la bouillie est molle, c'est le caractère certain d'une chaux grasse..

§ 2. — *Des Chaux hydrauliques artificielles.*

Dans beaucoup de localités, on ne peut se procurer qu'à grands frais de la chaux hydraulique naturelle; cependant on se trouve quelquefois dans la nécessité de faire usage de chaux hydraulique, 1° lorsque n'ayant que des chaux communes, dites grasses, à sa disposition, on veut faire exécuter des maçonneries dans des lieux humides ou entièrement placés sous l'eau; 2° quand avec des chaux naturelles très-peu hydrauliques, on veut obtenir des mortiers énergiques, et tels, qu'ils qu'ils puissent résister au frottement des eaux courantes; et 3° lorsque la nature du travail exige que les mortiers acquièrent en quelques heures une consistanee suffisante, que l'on ne pourrait obtenir au moyen des chaux hydrauliques naturelles.

La chaux hydraulique artificielle peut être fabriquée à double ou à simple cuisson. « La fabrication à double cuisson consiste, d'après M. Vicat, à laisser se réduire spontanément en poudre fine, dans un endroit sec et couvert, la chaux que l'on veut modifier (l'extinction spontanée de la chaux n'est pas indispensable, mais c'est le moyen de réduction le plus économique) ; à la pétrir ensuite, à l'aide d'un peu d'eau, avec une certaine quantité d'argile grise ou brune, ou simplement avec de la terre à brique, et à tirer de cette pâte des boules qu'on laisse sécher pour les faire cuire ensuite au degré convenable.

« On conçoit déjà qu'étant maître des proportions, on l'est également de donner à la chaux factice le degré d'énergie que l'on désire, et d'égaler ou de surpasser à volonté les meilleures chaux naturelles.

« Les chaux communes très-grasses peuvent comporter 0,20 d'argile, pour 1,00 ; les chaux moyennes en ont assez de 0,15 : 0,10, et même 0,06 suffisent pour celles qui ont déjà quelques qualités hydrauliques. Lorsqu'on force la dose jusqu'à 0,33 ou 0,40, la chaux que l'on obtient ne fuse point, mais elle se pulvérise facilement, et donne, lorsqu'on la détrempe, une pâte qui prend corps sous l'eau très-promptement. Quand les terres argileuses que l'on rencontre sont mêlées de graviers ou de débris calcaires, on les jette dans un grand bassin plein d'eau ; on les y délaie en les agitant avec un rabot ; on fait couler la bouillie qui surnage dans un

second bassin, où elle sert à former, avec la chaux en poudre, les boules en question. On parvient assez facilement, avec un peu d'habitude, à doser exactement les mélanges, quoique la terre soit ainsi détrempée ; la manipulation se fait d'ailleurs mieux et plus vite que de toute autre manière.

« Il ne faut pas croire que l'argile cuite à part, et ajoutée à la chaux commune dans les proportions que nous venons d'indiquer, puisse donner les mêmes résultats que lorsque ces deux substances sont mélées avant la cuisson. Le feu modifie, les uns par les autres, les principes qui constituent le mélange, et donne naissance à un nouveau composé qui jouit de nouvelles propriétés. Cette vérité devient palpable, lorsqu'on compare, par exemple, la couleur de la chaux factice (à argile ferrugineuse), qui tire sur le vert pâle un peu jaunâtre, à celle que contracte la chaux commune, broyée avec un peu de ciment rouge. Du reste, il y a une très-grande différence dans la manière dont ces composés se comportent dans l'eau. »

Ce premier procédé de fabrication de chaux hydraulique artificielle, employé par M. Vicat à la construction du pont de Souillac (Lot), n'a élevé le prix d'un mètre cube de cette chaux qu'à 41 fr. 62 c.; et il pense qu'aidé de circonstances plus favorables, et en employant d'autres moyens que la force des bras pour les manipulations, ce prix pourrait être réduit à 35 fr. par mètre cube, ce qui ferait revenir la valeur de l'hectolitre à 3 fr. 50 c.

Les chaux hydrauliques artificielles fabriquées à Meudon, sous la direction de M. Vicat, par MM. Brian et de Saint-Léger, ont obtenu la médaille d'or au concours des produits de l'industrie de 1827. Ces chaux avaient été fabriquées à simple cuisson; M. Vicat donne les détails ci-après, au sujet de ce deuxième procédé.

« Par le second, dit-il, on substitue à la chaux, des substances calcaires très-tendres (telles que la craie ou les tufs, par exemple), faciles à broyer et à réduire en pâte avec l'eau. De là, résulte une grande économie, mais aussi une chaux artificielle d'une qualité peut-être un peu moindre que par le premier procédé, à raison de la moindre perfection du mélange. Il est impossible, en effet, de réduire les substances calcaires au même degré de finesse que la chaux éteinte, sans autre secours que celui des agens mécaniques; toutefois, cette seconde manière est la plus généralement suivie, et les résultats auxquels elle conduit deviennent de plus en plus satisfaisans.

« On prend ordinairement vingt parties d'argile sèche pour quatre-vingt parties de chaux très-grasse, ou pour cent quarante parties de chaux carbonatée. Mais si la chaux ou le carbonate sont déjà naturellement quelque peu mélangés, quinze parties d'argile doivent suffire. Il est convenable, au surplus, de déterminer les proportions pour chaque localité; toutes les argiles, en effet, ne se ressemblent pas à ce point qu'on puisse les

regarder comme identiques. Les plus fines et les plus douces sont les meilleures.

« Il existe à Meudon, près de Paris, une fabrique de chaux artificielle, montée par MM. Brian et Saint-Léger; les matières employées sont la craie du pays et l'argile de Vangirard, qu'on divise préalablement en fragments de la grosseur du poing. Une meule établie de champ, et une forte roue à jantes et rayons liée invariably à un système de herses et de rateaux, sont mises en mouvement par un manège à deux chevaux, dans un bassin circulaire de deux mètres de rayon environ. Au centre du bassin est un noyau en maçonnerie, sur lequel pivote l'arbre vertical auquel le système est fixé; c'est dans ce bassin, où l'eau arrive au moyen d'un robinet, que l'on jette successivement quatre mesures de craie et une mesure d'argile. Après une heure et demie de manège, on obtient environ un mètre 50 centimètres cubes de bouillie claire, que l'on évacue par un conduit percé horizontalement au niveau du fond du bassin.

« La matière se rend, par son propre poids, dans une première fosse, suivie d'une seconde, d'une troisième et ainsi de suite, jusqu'à quatre ou cinq. Ces fosses communiquent ensemble par le haut. Quand la première est pleine, la nouvelle bouillie qui arrive, ainsi que les eaux surnageantes, s'écoulent dans la seconde, de la seconde dans la troisième, et ainsi de suite jusqu'à la dernière, qui déverse ses eaux claires dans un

puisard. D'autres fosses échelonnées comme les précédentes, reçoivent les nouveaux produits du manège, pendant que la matière prend dans les premières la consistance nécessaire au moulage. Moins les fosses sont profondes, relativement à leur superficie, plus tôt la consistance susdite est acquise.

« On subdivise alors la pâte en solides, d'une forme régulière, à l'aide d'un moule. Ce travail s'effectue avec rapidité. Un mouleur à la tâche, fait moyennement cinq mille prismes par jour, lesquels cubent ensemble environ six mètres. On distribue ces prismes sur des séchoirs, où ils prennent en peu de temps le degré de dessiccation et de dureté convenables pour la cuisson. Celle-ci peut s'effectuer par l'un quelconque des moyens décrits dans le chapitre précédent. A Paris on emploie un mélange de coak et de houille, et le mode ordinaire de cuisson à feu continu, exigé par ce genre de combustible.

« Les chaux hydrauliques artificielles sont destinées à remplacer les chaux hydrauliques naturelles, dans les pays où le calcaire argileux manque complètement. Elles se vendent à Paris, de 70 à 74 fr. le mètre cube. Elles reviennent en province à 40 fr., prix moyen, lorsqu'il y a double cuisson ; et ne sauraient coûter au-delà de 30 fr. lorsqu'elles résultent du simple mélange de la craie et de l'argile. »

Les chaux hydrauliques fabriquées d'après les procédés sus-mentionnés, ont été employées dans une

foule de constructions importantes. Aux canaux de Saint-Martin et de Saint-Maur, elles ont été mises à toutes les épreuves possibles; elles ont servi aux maçonneries des écluses, aux revêtemens des bassins, aux voûtes souterraines, etc. Près de mille mètres cubes ont été employés aux travaux du port de Toulon. Elles ont servi aux ouvrages immergés du pont de Souillac sur la Dordogne, dont une des piles est fondée entièrement sur un massif de béton de 5 mètres de hauteur réduite. Le pont de Melisey est fondé également sur massifs de béton à chaux hydraulique artificielle. Je pourrais encore citer, d'après M. Vicat, un grand nombre de travaux auxquels cette espèce de chaux a été employée et a produit les plus heureux résultats. Je me bornerai à rappeler que d'après l'examen provoqué le 24 décembre 1821, par le conseil des bâtiments civils, la commission nommée à cet effet constata dans un procès-verbal, que la chaux artificielle fabriquée à Paris, était supérieure à la chaux hydraulique naturelle de Senonches.

Dès-lors, il est possible de se procurer de la chaux hydraulique dans tous les pays où l'on trouve des chaux grasses et de l'argile.

ARTICLE II.

. EXTINCTION DE LA CHAUX.

On emploie communément trois procédés pour l'ex-

tinction de la chaux : *Extinction ordinaire, extinction par immersion, extinction spontanée.*

Pour les chaux hydrauliques, le premier procédé est le meilleur, et le deuxième supérieur au troisième; pour les chaux grasses au contraire, le dernier procédé est préférable au deuxième, et celui-ci au premier. De telle manière que l'ordre d'extinction à suivre pour les chaux hydrauliques et pour les chaux grasses, d'après les procédés indiqués, est pour les chaux grasses inverse de celui pour les chaux hydrauliques. Dans l'objet qui m'occupe, n'ayant à traiter que des chaux hydrauliques, je vais développer ces trois procédés d'extinction dans l'ordre de préférence.

§ 1^{er}. — *Premier procédé.*

EXTINCTION ORDINAIRE.

Pour éteindre la chaux par le procédé ordinaire, il faudra la prendre au sortir du four, et la jeter sous une quantité d'eau convenable, dans un bassin préalablement rendu imperméable au moyen de murs bâties contre les parois, et d'un carrellement en briques posées sur mortier, au fond du bassin. Aussitôt après l'immersion de la chaux, elle se fend avec bruit, se boursouffle, répand des vapeurs brûlantes, et forme une bouillie épaisse; réduite en cet état, on la nomme *chaux fondue ou chaux coulée*. Il faut avoir le soin de ne couler instantanément dans le bassin qu'à-peu-près

l'eau nécessaire, pour ne pas être obligé d'en ajouter au moment de l'effervescence de la chaux , car alors, elle demeure grenue et se divise fort mal (1); si l'on était dans la nécessité d'ajouter de l'eau, il faudrait attendre le refroidissement de la chaux déjà fusée.

Il importe d'après ce qui précède, de déterminer la quantité d'eau nécessaire à l'extinction de la chaux; à cet effet, on prendra une pierre à chaux vive, que l'on pèsera exactement, et que l'on placera dans un vase quelconque; on versera dessus une quantité d'eau indéterminée; mais plus que suffisante pour éteindre la chaux. Après l'extinction complète de cette chaux, on décantera l'eau avec soin, et l'on pesera la bouillie ou chaux éteinte qui se trouvera au fonds du vase. La différence de poids qui existera entre la chaux éteinte et la chaux vive, fera connaître le poids de l'eau qui aura été absorbée; cette quantité pourra être facilement réduite en volume, au moyen du calcul ou d'une expé-

(1) J'ai assisté à l'extinction de chaux hydraulique sur un grand atelier de construction. Quelques parties de chaux vive étaient d'abord jetées à sec , et ensuite au moyen d'une pompe l'eau était amenée dans le bassin; on ajoutait successivement de la chaux à mesure que l'eau était en excès. Lorsqu'arrivait le moment de l'emploi de la chaux , ainsi éteinte, le directeur des travaux remarquait presque toujours que la chaux était mal divisée et demeurée grenue. Il ignorait sans doute que l'on doit bien se garder d'ajouter de l'eau pendant l'effervescence de la chaux , et qu'il faut tout d'un coup mettre dans le bassin toute l'eau nécessaire , avant d'y déposer la chaux vive.

rience directe , et alors on sera fixé sur les proportions qui devront être observées.

Pour avoir la mesure de l'augmentation de volume de la chaux vive après son extinction , on l'obtiendra aisément , en plaçant la pierre à chaux dans un vase , sur laquelle on jettera du sable , de manière à le combler. Ensuite , on reprendra la chaux pour l'éteindre séparément dans ce même vase ; on rejettéra de nouveau le sable employé par-dessus ; la partie du sable que le vase ne pourra plus contenir , sera la mesure du foisonnement de la chaux .

Pour conserver à la chaux ainsi éteinte toutes ses qualités *ferrumentaires* , on doit faire en sorte de ne pas la réduire à consistance laiteuse , selon la mauvaise habitude des maçons , mais de la conserver en pâte forte ; car vaut-il mieux encore être obligé d'ajouter de l'eau pour la fabrication du mortier , que d'employer la chaux trop liquide .

Il est très-important que toutes les parties de la chaux soumise à l'extinction , aient le temps de bien se diviser ; pour cela on construira deux ou plusieurs bassins , selon l'importance des travaux , afin que la chaux ne soit employée que douze heures au moins , et vingt-quatre heures au plus après son extinction . S'il se trouve dans le bassin quelques parties de chaux qui fussent à sec , on y dirigera l'eau par des rigoles tracées légèrement dans la pâte , avec un bâton ; mais on évitera autant que possible d'y jeter de l'eau froide .

(4)

La chaux ainsi éteinte ne doit être employée qu'après son entier refroidissement, car son extinction ne peut être considérée comme complète, tant qu'il y a manifestation de chaleur, ce qui provient presque toujours d'un développement successif d'une chaux pâressense.

Si au sortir du bassin la chaux conservait encore un peu de chaleur, on pourra néanmoins l'employer à la fabrication du béton, en observant que cette chaleur ait entièrement disparu après la manipulation, et avant son emploi par immersion, ou de toute autre manière.

La chaux hydraulique ne foisonne que très-peu, et quelquefois pas du tout, selon qu'elle est plus ou moins *maigre*. Ainsi, une comporte de chaux vive, éteinte dans un bassin, produira en pâte, une comporte, une comporte et quart, ou une comporte et demie. La chaux dont le volume sera le moins augmenté par le foisonnement, sera nécessairement la plus *maigre*, et par conséquent, celle qui sera la meilleure pour les constructions hydrauliques.

§ 2. — Deuxième procédé.

EXTINCTION PAR IMMERSION.

On procédera de la manière suivante pour éteindre la chaux par immersion : on placera dans un panier les pierres à chaux, réduites à la grosseur d'un œuf ou

d'une noix; on plongera pendant quelques secondes le panier dans l'eau, et on le retirera avant le commencement de la fusion. Après cette opération, la chaux siffle, se fend avec bruit, produit un dégagement considérable de vapeurs brûlantes, et tombe en poudre; placée en cet état dans des caisses ou futailles, la chaleur se trouvera concentrée, et une grande partie de l'eau réduite en vapeurs ne pouvant s'échapper, sera reprise par la chaux même, qui alors se réduira plus facilement en poudre. Si l'on veut conserver cette chaux, on aura le soin de couvrir avec de la paille les caisses ou futailles dans lesquelles on pourra la conserver long-temps avant son emploi, pourvu qu'elle soit déposée dans un lieu sec, et à l'abri de l'humidité. Elle ne s'échauffera plus lorsqu'on la détrempera pour en faire du mortier.

Beaucoup de constructeurs ont employé ce procédé d'extinction pour les chaux éminemment hydrauliques, et l'expérience a dû leur prouver que cette méthode était vicieuse. J'ai été témoin de la destruction de plusieurs parties d'ouvrages construits avec de la chaux ainsi éteinte, parce que n'ayant pu être complètement dissoutes les parties de chaux, éteintes imparfaitement, opéraient des efforts et des soulèvements dans l'intérieur des maçonneries, qui détruisaient les principes de stabilité, si nécessaires à la solidité des ouvrages.

Le foisonnement de la chaux, éteinte par ce procédé, sera plus avantageux que par le procédé ordinaire; il

produit assez ordinairement de 1,10 à 1,60 pour un. Pour obtenir la mesure de l'augmentation de volume de la chaux éteinte, on agira comme nous l'avons dit au premier procédé.

Ce procédé d'extinction par immersion, convient principalement aux chaux mélangées par égales parties de chaux grasses et de chaux maigres. On ne doit pas en faire usage pour les chaux éminemment hydrauliques.

§ 3. — *Troisième procédé.*

EXTINCTION SPONTANÉE.

Ce troisième moyen d'éteindre la chaux, qui peut être employé avec avantage pour les chaux grasses, ne convient guère aux chaux hydrauliques.

« La chaux vive, dit M. Vicat (1), soumise à l'action lente et continue de l'atmosphère, se réduit en poussière très-fine. Pendant cette extinction naturelle, il y a un léger dégagement de chaleur, mais sans vapeurs visibles.

« Les chaux grasses augmentent des 2/5 de leur poids, et rendent en volume; jusqu'à 3,52 pour un (mesuré en poudre vive). Les chaux hydrauliques ne prennent moyennement que 1/8 d'eau, et rendent en volume, depuis 1 m. 75, jusqu'à 2 m. 55 (les poussières sont mesurées sans tassemement). Pour obtenir ces

(1) Résumé sur les mortiers, page 16. Paris 1828.

résultats, il faut saisir l'époque où la réduction est complète, et ne point opérer dans une atmosphère trop humide.

« L'extinction ordinaire est celle des trois qui divise le mieux les chaux grasses et les chaux hydrauliques de tous les degrés, et qui par conséquent, en porte le foisonnement au plus haut terme; en seconde ligne, et sous le même rapport, l'extinction spontanée convient mieux aux chaux grasses qu'aux chaux hydrauliques, et éminemment hydrauliques, et *vice versa* pour l'extinction par immersion.

	EAU ABSORBÉE.	VOLUME DE LA PATE.
(1) 100 kilogrammes de chaux grasse, réduite en pâte molle par le premier procédé, donnent	291 kilog.	350 vol.
<i>Idem</i> , éteinte préalablement par immersion.....	172 id.	234 id.
<i>Idem</i> , éteinte d'abord spontanément	188 id.	258 id.
100 kilogrammes de chaux hydraulique, réduite en pâte molle par le premier procédé, donnent.....	105 id.	137 id.
<i>Idem</i> , éteinte par immersion.	71 id.	127 id.
<i>Idem</i> , éteinte spontanément.	68 id.	100 id.

(1) Ce Tableau comparatif est extrait des notes de M. Vicat,

« De ces différences, il résulte que trois volumes égaux d'une chaux quelconque en pâte d'égale consistance, mais éteinte par des procédés différens, ne contiennent ni la même quantité de chaux, ni la même quantité d'eau. »

ARTICLE III.

CHOIX DU PROCÉDÉ D'EXTINCTION.

J'ai déjà dit que l'extinction par le procédé ordinaire devait être préférée aux deux autres pour les chaux hydrauliques. Des expériences que j'ai faites sur les deux premiers procédés, m'ont démontré qu'un mortier fabriqué avec de la chaux éteinte par le premier procédé, avait eu toutes ses parties parfaitement liées entr'elles, tandis que dans le mortier où l'on avait employé la chaux éteinte par immersion, j'ai remarqué des boursouflures produites par les efforts des parties de chaux dont la division n'avait pas été complète. D'ailleurs, la chaux hydraulique étant ordinairement *paresseuse*, on doit donner la préférence à l'extinction par le procédé ordinaire, puisque c'est celui qui facilite le plus la complète division de toutes les parties de la chaux.

M. Raucourt, de Charleville, dit dans son Traité sur l'art de faire de bons mortiers : le premier procédé d'extinction (extinction ordinaire), est généralement usité; le second a été employé sur divers travaux ; le troisième

a toujours été proscrit, et la chaux qui en résultait, considérée comme perdue. Cependant, l'expérience a démontré que si l'on place de la chaux commune grasse, sortant du four, sous un hangar bien exposé à l'action de l'atmosphère, elle se réduit en poudre par l'extinction spontanée; et qu'en l'agitant de temps à autre, pour que l'air puisse exercer une égale influence sur toutes les parties, après six mois ou un an d'attente, cette chaux aura acquis des propriétés hydrauliques, c'est-à-dire, qu'employée seule ou avec du sable, elle dureit dans l'eau.

Si le troisième procédé d'extinction convient aux chaux grasses, le premier procédé est préférable pour les chaux très-hydrauliques; le second procédé peut être avantageux à l'extinction des chaux mélangées ou comprises entre ces deux extrêmes.

Au résumé, l'extinction par le procédé ordinaire, doit être préférée pour les chaux très-hydrauliques; l'extinction par immersion pour les mélanges de chaux peu hydraulique, et de base hydraulique; et troisièmement, l'extinction spontanée pour les chaux grasses, mélangées à des bases peu ou point hydrauliques.

L'ordre de prééminence des procédés d'extinction, fixé par les expériences de M. Vicat, est établi comme suit : pour les chaux communes, grasses ou moyennes ; 1^o *extinction spontanée*, 2^o *extinction par immersion*, 3^o *extinction ordinaire*. Pour les chaux éminemment hy-

(47)

drauliques, cet ordre est inverse : 1^o extinction ordinaire,
2^o extinction par immersion ; 3^o extinction spontanée.

ARTICLE IV.

DU SABLE.

Les sables de rivière sont ordinairement de la même nature que les roches qui se trouvent à la source ou sur le passage des ruisseaux et des rivières. Ainsi, les terrains granitiques schisteux, fournissent le quartz, le feld-spath et le mica; les terrains volcaniques, les laves de toute espèce; les roches calcaires produisent rarement du sable, parce qu'elles ne sont point susceptibles de ce mode de désagrégation : celles qui sont tendres ne produisent que des poussières, et celles qui sont dures demeurent en éclats.

Pour la fabrication des mortiers à chaux éminemment hydrauliques ou moyennement hydrauliques, les sables purs siliceux conviennent parfaitement. Les sables de fouille ou de mine devront être préférés pour les mortiers à chaux grasse. En 1829, je fis recrépir un mur de clôture de jardin, d'une vaste étendue, par parties séparées, l'une en mortier de chaux grasse, et sable de rivière; et l'autre, en mortier de même chaux et sable de mine. L'hiver rigoureux de cette même année à 1830, détruisit presqu'en totalité, les mortiers faits avec le sable de rivière, et les parties exécutées en mortier de sable de mine demeurèrent intactes, ainsi qu'elles sont conservées encore aujourd'hui.

Vitruve, Palladio, Phillipert de Lormé, et autres savans architectes, pensent que le sable de mine ; ou qui provient des fouilles , est celui qui fait le meilleur mortier, surtout quand il est fraîchement tiré de la carrière. Rondelet a fait à ce sujet des expériences qui l'ont amené à connaître cette vérité; mais ces expériences , faites sur des chaux grasses , ne produisent pas un aussi heureux résultat faites sur des chaux hydrauliques. La vérité de cette assertion est démontrée par les expériences de M. Vicat, sur le choix des meilleurs sables à employer dans la composition des mortiers à chaux hydraulique. Il a trouvé que le sable de rivière, plus pur que celui de mine, doit lui être préféré ; il a reconnu aussi que la grosseur du sable avait une influence marquée sur la bonté des mortiers ; c'est pourquoi il a indiqué, pour les choix que l'on devait faire, l'ordre de supériorité suivant :

Pour les chaux éminemment hydrauliques , 1^o les sables fins ; 2^o les sables à grains inégaux , résultant du mélange , soit du gros sable avec le fin , soit de celui-ci avec le gravier ; 3^o les sables gros.

Pour les chaux moyennement hydrauliques , 1^o les sables mêlés ; 2^o les sables fins ; 3^o les sables gros.

Pour les chaux grasses , 1^o les gros sables ; 2^o les sables mêlés ; 3^o les sables fins.

Le sable de mer est ordinairement le plus mauvais. Dans le cas où les localités n'en fourniraient pas d'une autre nature , il faudra s'en approvisionner quelque

temps à l'avance, pour que, étant étendu, il puisse être lavé et dessalé par les pluies. On lui reproche d'être trop long-temps à sécher lorsqu'on l'emploie dans la construction des murs, et d'avoir l'inconvénient de dégrader les maçonneries en rejetant leur sel, lorsqu'on recouvre trop tôt d'enduit les murs où ils ont été employés.

Rondelet a fait des expériences, desquelles il résulte, 1^o que le grès pilé, broyé avec de la chaux, fait un mortier médiocre, qui n'acquiert pas beaucoup de consistance; 2^o que la poudre de pierre dure, mêlée avec de la chaux, ne fait pas un mortier aussi dur que la poudre d'une pierre tendre, ou d'une dureté moyenne; 3^o que le mélange de la chaux et de la poudre faite avec la même pierre, ne produit pas un aussi bon mortier que lorsqu'on emploie du sable ou de la poudre de quelqu'autre pierre; et 4^o que le mortier fait avec du ciment seul, devient plus dur, et obtient plus de consistance que celui où l'on ajoute du sable.

Les sables qui auront les grains de formes irrégulières, seront les meilleurs, parce que les aspérités contribuent à leur procurer une liaison plus forte et plus intime avec les particules de chaux.

On reconnaît que le sable est de bonne qualité, lorsqu'étant pressé dans la main, il fait du bruit, et que jeté sur du linge blanc ou du papier, il ne laisse aucune marque ni tache.

ARTICLE V.

DU CIMENT.

On désigne sous ce nom, dit Rondelet (1), une poudre faite avec des tuileaux pilés. Cette matière a la propriété de former, avec la chaux, un mortier qui résiste à l'eau et à l'humidité, comme celui fait avec la pouzzolane. On emploie le ciment pour les enduits intérieurs des bassins, citernes, réservoirs et aqueducs.

« Pour faire le ciment, il faut choisir du tuileau bien cuit; celui qui a servi sur les toits est préférable à celui qui provient des tuiles neuves ou des briques. Les anciens y employaient les débris de toutes sortes de poteries et d'ouvrages en terres cuites.

« Il y a peu d'endroits où l'on ne puisse se procurer des tuileaux ou des poteries bien cuites, pour faire du ciment; mais à leur défaut, on peut y suppléer, en faisant des petites boules ou pelottes de terre glaise ou argileuse, qu'on fera cuire au four, pour les écraser, lorsqu'elles seront bien cuites. Le ciment qui en proviendra, quoique de moindre qualité que celui des tuileaux, sera préférable au sable pur, pour les enduits à faire dans des lieux humides, ou pour des maçonneries à faire dans l'eau.

« On peut encore faire usage de petits cailloux ou

(1) Traité de l'Art de bâtir, t. 1, p. 139. Paris 1827.

galets que l'on trouve dans les campagnes et sur les bords des fleuves ; on les fait rougir au feu , et on les réduit en poudre , que l'on emploie avec de la chaux , au lieu de ciment .

« Les fontainiers font un excellent mortier , qu'ils appellent *ciment perpétuel* , où l'on emploie différentes espèces de poudres ; savoir : de poterie de grès , de machefer , de tuileaux , ou de pierres de meulières ; le tout broyé avec de la bonne chaux vive , compose un ciment excellent , qui durcit dans l'eau .

ARTICLE VI.

DES POUZZOLANES.

D'autres matières que celles que j'ai déjà désignées , concourent avec la chaux et les graviers à la composition des mortiers ; mais comme je ne les fais pas entrer dans la composition des *bétons* que je suis à même de faire fabriquer , je ne parlerai que très-succinctement des *pouzzolanes* , et comme à titre de renseignement pour les personnes qui se trouveraient à portée de faire l'emploi de cette matière .

La *pouzzolane* est une matière pulvérulente produite par les volcans ; sa couleur est d'un rouge violet . Elle fut exploitée pour la première fois par les Romains , près la ville de *Pouzzol* , non loin du Vésuve . On en trouve dans plusieurs parties de la France ; dans les départemens de l'Ardéche , de la Haute-Loire , du Puy-

(52)

de-Dôme, du Cantal, de la Haute-Vienne, et en général, dans les lieux qui ont été exposés aux irruptions volcaniques.

Elle peut être employée seule au lieu de sable, avec de la chaux, pour en faire du mortier. Sa qualité permet quelquefois d'y ajouter du sable, et alors, ces matières broyées avec de la chaux de bonne qualité, fraîchement éteinte, et mélangées avec des graviers ou des recoupes de pierres, peuvent produire un béton qui durcit promptement dans l'eau, et acquiert une consistance plus forte que la pierre.

ARTICLE VII.

DES GRAVIERS.

Les graviers de toute nature et de toutes dimensions, qui doivent entrer dans la composition des bétons, seront pris de préférence dans le lit des rivières, des ruisseaux ou des ravins ; ceux-là, roulés par les eaux, sont les meilleurs ; il est plus aisé de les nettoyer des parties terreuses ou sablonneuses, en les passant à la claire ou au crible. On n'est pas toujours à portée de se procurer des graviers de cette espèce ; alors on pourra employer ceux extraits des carrières, ou ramassés dans les champs. Les graviers provenant des carrières devront être, avant leur emploi, dégagés de toutes les parties terreuses ; à cet effet, on les passera d'abord à la claire, puis on les étendra le mieux possible, afin

qu'ils puissent être lavés par les pluies; ou mieux encore, si faire se peut, on les lavera dans une eau courante. Dans le premier cas, on les passera de nouveau à la claire ou au crible, afin que toutes les parties sablonneuses en soient extraites.

On n'est pas toujours à portée de se procurer des mêmes graviers pour certaines parties d'ouvrages à exécuter en béton; alors, pourvu que l'on ait des cailloux ou pierres dures, on les réduira à la grosseur voulue, en les brisant au marteau. Le béton fait avec ces pierres concassées, sera de meilleure qualité que celui composé de graviers ordinaires, à cause des aspérités produites par la cassure.

En parlant des bétons et de leur composition, je ferai connaître les diverses grossesurs de graviers que l'on pourra employer dans les massifs de maçonnerie qui auront des dimensions différentes, selon l'espèce des ouvrages.

CHAPITRE III.

Des mortier et des bétons.

ARTICLE I.

DES MORTIERS.

Il ne suffit pas toujours d'avoir de la bonne chaux et du sable de bonne qualité pour obtenir du bon mortier; il faut encore que les proportions du mé-

lange soient exactes, autant que possible, et que ces matières soient parfaitement amalgamées.

L'usage consacré par les constructeurs en général, veut que les mortiers soient composés de deux parties de sable et d'une partie de chaux éteinte, sans faire de distinction entre les chaux grasses et les chaux hydrauliques. Néanmoins, M. Vicat s'est convaincu, par les expériences qu'il a faites, que la résistance des mortiers à chaux hydrauliques, éteintes par le procédé ordinaire, croît à partir de zéro jusques à 180 parties de sable pour 100 de chaux en pâte forte, et puis décroît indéfiniment au-delà. La résistance des mêmes mortiers, quand la chaux a été éteinte par immersion ou spontanément, croît, à partir de la proposition zéro, jusqu'à 170 parties de sable pour 100 de chaux en pâte forte, et puis décroît sensiblement. La résistance des mortiers à chaux très-grasses, éteintes par le procédé ordinaire, croît à partir de 50 jusqu'à 240 parties de sable pour 100 de chaux en pâte forte, et puis décroît indéfiniment au-delà.

D'où il suit, que les proportions du sable nécessaire à la fabrication des mortiers sont subordonnées à la qualité de la chaux. Ainsi, il faudra moins de sable pour les chaux éminemment hydrauliques, que pour celles moyennement hydrauliques, et une plus grande quantité pour les chaux grasses, que pour ces dernières. D'après cela, pour la composition d'un mortier à chaux hydraulique, on emploiera, par exemple,

une comporte comble de chaux en pâte, et deux comportes arrasées de sable, ou mieux encore, une comporte et demie seulement ; et pour les mortiers à chaux grasse, deux comportes et demie combles de sable, et une comporte arrasée de chaux en pâte. Le procédé employé pour l'extinction de la chaux, exerce aussi une influence sur ces proportions ; celles que j'ai indiquées sont pour les chaux éteintes par le procédé ordinaire, que j'ai déjà dit être le meilleur à employer pour l'extinction des chaux hydrauliques.

J'ai déjà avancé que la chaux hydraulique, éteinte par le procédé ordinaire, devait être employée douze heures au moins, et vingt-quatre heures au plus après son extinction ; le mélange de la chaux en pâte avec le sable pourra alors être fait sans addition d'eau, au moyen des pilons en fonte. Pour que ce mélange puisse être opéré plus parfaitement, on commencera par pilonner fortement la chaux en pâte, afin de la rendre plus liquide ; on ajoutera ensuite peu à peu, le sable destiné à la fabrication du mortier, en continuant le pilonage. Le mélange ne sera complet que, lorsqu'après l'avoir pilonné long-temps, et avec force, on ne distinguera plus séparément aucune des substances composantes.

La fabrication du mortier aura lieu sur une aire carrelée en briques, ou planchéeée en madriers, afin que les parties liquides de la chaux, nécessaires à la solidification des mortiers ne soient pas absorbées par

la terre. Il sera aussi très-utile que les chantiers de manipulation soient couverts, afin que pendant l'hiver les mortiers ne soient pas lavés par les pluies, et que dans l'été, le soleil ne procure pas une dessiccation trop prompte, qui, n'étant pas naturelle, préjudicierait à la bonté des mortiers.

Il est bien peu de maçons, qui sachent faire du bon mortier; on croirait, à les voir opérer, qu'ils cherchent la solution de ce problème singulier; comment faire avec de bons élémens, pour faire les plus mauvais mortiers? Leur habitude ordinaire est d'abord d'éteindre la chaux avec une trop grande quantité d'eau, et ensuite, d'ajouter de l'eau lorsqu'ils font le mortier. Ils pensent que le mélange est parfait, lorsque le sable est simplement mêlé avec la chaux; ce qui est sans doute bientôt fait, puisqu'ils n'emploient ordinairement pas plus de quinze minutes, pour la manipulation d'une *volée*.

Ce défaut est surtout très-remarquable dans les constructions en briques. Le mortier est ordinairement réduit en laitance, à cause sans doute que les briques absorbent une plus grande quantité d'eau. Ne vaudrait-il pas mieux dans ce cas, laisser plus long-temps les briques immérées, afin qu'ensuite elles ne puissent plus absorber les parties liquides du mortier?

Les anciens maçons étaient si attentifs à la manipulation des mortiers, qu'ils employaient constamment, pendant un long espace de temps, dix hommes à chaque bassin, ce qui rendait le mortier d'une dureté si pro-

digieuse, que Vitruve assure que les morceaux de plâtras qui tombaient des anciens bâtimens servaient à faire des tables, et que cette dureté provenait de la manière dont ce mortier avait été corroyé avec le rabat.

« En général, dit M. Raucourt, de Charleville (1), toute composition et manipulation des mortiers, doit avoir pour but d'obtenir, avec les élémens donnés par la nature, les mortiers les meilleurs et les plus économiques. Or, il faut, pour remplir simultanément ces deux conditions, travailler par les moyens les plus simples à faire développer aux sables beaucoup de base hydraulique, aux pierres calcaires le moins de base ordinaire possible, mais le plus de chaux et de base hydraulique qu'on pourra.

« Créer de la chaux et de la base hydraulique, doit donc être le but de tous les efforts; et l'on n'a que deux moyens efficaces pour y parvenir. L'un dépend de la cuisson, l'autre de la manipulation; de la manipulation, dans ce sens qu'il faut toujours chercher à faire des élémens chimiques. Ainsi, macérez, broyez, et divisez sans cesse; de la cuisson, parce qu'il faut non-seulement que les élémens soient hydrauliques, mais encore qu'ils soient modifiés par l'air et par le feu, d'une certaine manière, sans laquelle on n'a que de la base ordinaire.»

(1) Traité sur l'art de faire de bons mortiers, page 85, Paris, 1828.

ARTICLE II.

DU BÉTON.

Le béton est un composé de mortier, de chaux hydraulique, de sable, et de graviers, de cailloux ou de blocailles; quelquefois, pour la construction des voûtes, surtout, on ajoute du ciment.

La bonté des mortiers et des bétons, dépend de plusieurs causes, dont voici les principales : 1^o des proportions du mélange des substances qui concourent à leur formation ; 2^o de la manipulation ; 3^o de la dessiccation plus ou moins lente ; 4^o de la massivation.

Il me serait difficile de déterminer dans le moment, les proportions dans lesquelles les bétons, en général, doivent être composés; ces proportions sont subordonnées à la qualité des chaux hydrauliques, à la nature des sables, des cimens, des graviers et des blocailles; elles dépendent aussi de l'espèce des ouvrages auxquels le béton doit être employé. L'expérience doit servir de guide à ce sujet; elle devra toujours être consultée avant de commencer de grands travaux.

Si les chaux sont éminemment hydrauliques, c'est-à-dire, essentiellement *maigres*, et les sables bien purs, on combinera ces proportions, d'une partie de chaux mesurée éteinte par le premier procédé, d'une partie de sable, et de deux à deux parties et demie de graviers ou pierrailles, selon que le béton devra être em-

ployé dans des fondations de murs , ou bien à des murs en élévation ; dans ce dernier cas , deux parties de graviers seront seulement nécessaires.

Si les chaux , au contraire , sont moyennement hydrauliques , et dont le foisonnement par l'extinction serait plus avantageux , ces proportions pourraient être établies comme suit : une partie de chaux mesurée en pâte , une partie et demie de sable pur , demi partie de ciment , et deux à trois parties de graviers ou pierrailles .

La proportion du gravier pourra être croissante , lorsque le béton sera destiné à des travaux des fondations ; elle diminuera au contraire , pour les constructions à paremens ; telles que murs en élévation , voûtes , citernes , conduits d'eau , fosses d'aisance , etc. etc.

Le constructeur apportera , ainsi que cela a été déjà recommandé , le plus grand soin à la manipulation des mortiers et des bétons . Ils seront fortement et longuement manipulés , afin que toutes les molécules de chaux soient parfaitement bien divisées et amalgamées avec le sable . Plusieurs expériences faites par M. Rondelet , lui ont fait connaître que plus le mortier est broyé , plus il acquiert de consistance et plus il durcit promptement . Avec la chaux ordinaire de Paris , et du sable moyennement gros , il parvint , en suivant ce principe , à faire des briques en mortier , qui , au bout de dix-huit mois , avaient acquis presque autant de dureté et de consistance que le mortier des Romains .

En parlant des mortiers, j'ai indiqué les moyens de fabrication dont on doit faire usage.

Les expériences de M. Vicat ont prouvé la grande influence qu'exerce le mode de dessiccation des mortiers et des bétons sur leur bonté. Il en résulte, que les mortiers à chaux hydrauliques peuvent perdre, par la dessiccation rapide, les huit dixièmes de la force qu'ils auraient acquise par une dessiccation lente. Pour se convaincre de l'effet pernicieux d'une dessiccation rapide des chaux grasses et des chaux hydrauliques, il suffira d'examiner l'état pulvérulent du mortier qui sert de lit aux assises de briques ou de moellons, dans la plupart des murailles construites pendant les grandes chaleurs de l'été, et dont les matériaux n'ont point été imbibés d'eau avant leur emploi.

Remarquons encore, que les meilleurs mortiers à chaux grasse surtout, se trouvent principalement dans les fondations et autres lieux exposés à une humidité permanente, tandis que les mêmes mortiers, fabriqués presqu'en même temps et avec les mêmes élémens, se réduisent quelquefois en poussière.

La dessiccation du mortier peut être retardée de plusieurs jours, de plusieurs mois, et même de plusieurs années, en le couvrant ou en l'enveloppant de terre ou de sable, dont les pluies ou l'arrosage entretiennent la fraîcheur.

Cette condition est difficile à remplir dans la construction des murs; mieux vaut alors n'employer le

mortier ou les bétons, surtout pour les ouvrages aériens, que dans le printemps ou dans l'automne, qui sont les deux époques de l'année les plus convenables pour la bonne construction des maçonneries, en général.

M. Vicat a observé que l'excès de chaux dans le béton en retarde la prise; et que les proportions les plus favorables à cette prise, étaient aussi celles qui donnaient la plus grande dureté.

La massivation du béton contribue essentiellement à la bonté de cette espèce de maçonnerie; elle s'opère dans la tranchée ou encaissement, au moyen d'un pilon ou battoir à long manche, au fur et à mesure du dépôt du béton, en ayant le soin de le presser fortement contre les parois. Le béton devant être employé à l'état de première consistance, on conçoit aisément que la massivation pourra être opérée avec avantage.

Quelques personnes ont pensé que le béton, exposé à toutes les rigueurs des saisons, se détruit par les gelées (1), à la suite des pluies; l'expérience a prouvé le contraire, c'est-à-dire, que celui dont les parties ont été exposées à toutes les injures de l'air, a offert

(1) Je veux parler du béton ayant atteint le degré de dessiccation convenable; car si les gelées surviennent pendant l'emploi de cette matière, elles doivent en arrêter la prise, et conséquemment en diminuer la bonté. Mieux vaut alors suspendre les ouvrages pendant la durée des gelées.

(62)

une dureté plus grande sans détérioration , que celui placé dans des lieux couverts et à l'abri des intempéries.

Plusieurs constructeurs pensent encore, que les pierres qui résistent le mieux aux gelées, sont celles dont les grains sont les plus fins et les plus serrés ; c'est une erreur. Les grès , par exemple , et une foule de pierres calcaires , à larges pores , résistent aux gelées , tandis que d'autres pierres , plus compactes , tombent en éclats.. Cela tient à la présence de fils , quelque petits qu'ils soient , dans lesquels l'eau vient se loger , elle agit alors comme coin dans toute leur étendue , et amène , par la force expansive de la glace , la rupture des corps pierreux , de quelle nature qu'ils soient. En appliquant , par analogie , ces principes aux bétons , on remarquera que la présence de fils n'est pas possible , pourvu qu'il n'y ait pas interruption trop retardée dans la fabrication et dans l'emploi de cette matière , et que dès-lors , quelle que puisse être la largeur des pores , la destruction du béton n'aura pas lieu , mais que les surfaces des paremens seront recouvertes d'une mince couche de glace à la suite d'un froid rigoureux.

ARTICLE III.

FABRICATION DU BÉTON.

Examinons d'abord comment on conçoit que le

béton doit être composé, en suivant l'ordre progressif de sa fabrication.

Les parties enveloppantes et les parties enveloppées du béton, sont ordonnées comme suit : La chaux est considérée comme partie enveloppante des sables, qui à leur tour, sont les parties enveloppées ; mais le mélange de la chaux avec le sable, qui constitue le mortier, devient partie enveloppante des graviers ou rocallies qui entrent dans la composition du béton ; le béton peut être encore considéré comme partie enveloppante, si l'on mêle à cette composition, des blocailles ou parties de pierres de plus fortes dimensions.

Ce qui précède indique déjà l'ordre à suivre dans la fabrication des bétons. On commencera d'abord, par une forte manipulation des parties enveloppantes, avant d'y ajouter les matières qui doivent être enveloppées. La chaux étant la matière première, et le principe des parties enveloppantes, sera, au sortir du bassin, broyée, sans addition d'eau, de manière à être réduite en pâte douce ; après cette opération, on ajoutera la première matière à envelopper, qui est le sable ; on manipulera fortement ces deux parties pour en faire un bon mortier ; cela fait, ce mortier deviendra partie enveloppante. Les graviers qui doivent compléter la composition du béton, seront enveloppés à leur tour par le mortier ; on pilonera long-temps et avec force ces matières, de telle sorte que le mélange soit parfait, et que chacune des parties à envelopper, soit recou-

verte de la matière enveloppante. Si l'on veut encore ajouter à ce béton des débris de pierres, de sortes dimensions, on les déposera par couches successives, au milieu des massifs, parce qu'il serait peu aisé de les malaxer par la manipulation ordinaire.

Il ne faut pas perdre de vue un fait essentiel à observer, c'est que les matières constitutives des bétons doivent être combinées dans des proportions telles qu'il ne puisse y avoir de vides dans l'intérieur des massifs, ce qui arriverait inévitablement si les graviers ou cailloux y étaient en excès, le mortier n'étant plus en quantité suffisante pour occuper ces vides, soit dans la manipulation, soit dans l'emploi. On sait, par exemple, que dans un mètre cube de maçonnerie de moellon, il cube de 0 m. 30 c. à 0 m. 35 c. de mortier, selon la forme des moellons. Pour le béton, la proportion du mortier devra être plus forte, à cause d'une plus grande quantité de vides; il en faudra de 0 m. 40 c. à 0 m. 50 c. par mètre cube, selon la grosseur des graviers.

Pour la fabrication du béton, on préparera le terrain comme il a été dit pour les mortiers, par un carrellement en briques, ou par des madriers jointifs, afin que la manipulation ait lieu avec plus de facilité, et que le sol rendu imperméable, ne puisse absorber les parties liquides des mortiers.

On fera d'abord le mortier, et puis on ajoutera les graviers, que l'on malaxera au moyen de pilons, de

pioches à longs manches, ou de pics à trois pointes. Trois hommes seront employés à pilonner le béton, deux autres seront occupés à le malaxer avec les pioches, et à le relever constamment avec des pêles.

Les proportions dans lesquelles chacune des parties constitutives du béton doivent être combinées, varient selon la nature et les qualités des matériaux, ainsi que les ouvrages auxquels cette espèce de maçonnerie est destinée.

M Vicat a fait exécuter les fondations du pont de Souillac, sur la Dordogne, en béton inimergé. Ce béton était composé de la manière suivante :

Sable granitique.....	o, m.	39 c.
Cailloux et graviers.....	o	66
Chaux hydraulique en pâte....	o	26

Ensemble..... 1, m. 31 c.

qui furent réduits à 1 mètre cube, après la manipulation et l'emploi.

Ces proportions peuvent être réduites comme suit :

Sable granitique.....	1 part.	172.
Cailloux et graviers.....	2	172
Chaux hydraulique en pâte....	1	

Total..... 5 parties.

La chaux hydraulique était de première qualité, fort maigre, et ne rendant qu'un pour un, par l'extinction ordinaire. Elle était cuite sur le chantier même, et l'on n'en éteignait la veille que la quantité nécessaire aux travaux du lendemain.

J'ai obtenu un bon béton, que j'ai fait employer dans les fondations générales d'un édifice public, à Gaillac, (Tarn); ce béton était composé dans les proportions suivantes, mesurées dans des comportons :

Chaux éminemment hydraulique 1 partie.

Sable granitique..... 1 1/2

Graviers de toutes grosseurs..... 1 1/2

Briques de démolition, concassées. 1

Total..... 5 parties.

Pour la construction de murs de 0,65 c. d'épaisseur, des soubassemens de ce même édifice, le béton était composé comme ci-après :

Chaux éminemment hydraulique 1 partie 1/4

Sable de rivière..... 1 1/4

Graviers de la grosseur moyenne

d'une noix et d'un œuf..... 2 1/2

Total..... 5 parties.

J'ai fait construire des voûtes de cave, aussi en béton, composé de la manière suivante :

(67)

Chaux éminemment hydraulique, 1 partie

Sable de rivière, fin..... 1

**Graviers passés à la claire, dont les
plus gros cailloux n'excédaient
pas la grosseur d'une noix..... 2**

Total..... 4 parties.

La chaux était éteinte par le procédé ordinaire, dans deux bassins ; son foisonnement était presque nul. Je ferai connaître ci-après, les procédés dont on a fait usage pour la fabrication et l'emploi de ces bétons.

En général, la grosseur des graviers, cailloux ou recoupes de pierres, doit être relative aux épaisseurs des massifs qui doivent être construits en béton. Dans les fondations, les culées, et les piles de ponts, par exemple, ainsi que dans les murs de soutènement d'une forte épaisseur, les matériaux pourront avoir des dimensions plus fortes que dans d'autres ouvrages de moindre épaisseur. Si l'on prescrit que le béton, employé à la construction de murs ayant des épaisseurs moyennes, ainsi qu'aux voûtes quelconques, soit composé de graviers d'une grosseur proportionnée à l'épaisseur des massifs, c'est afin qu'il y ait plus d'homogénéité dans les masses.

Dans la composition des bétons avec de la pouzzolane, on adoptera les proportions suivantes :

(68)

Chaux hydraulique mesurée, vive.	1 partie
Pouzzolane	1
Sable	1/2.
Graviers, cailloux ou blocailles . . .	2 1/2.
Total	<u>5 parties.</u>

Pour composer ce béton, on formera sur un terrain carrelé une couronne en pouzzolane, sur laquelle on étendra le sable nécessaire. On placera au centre la chaux vive, que l'on concassera avec une masse, pour facilier l'extinction, et l'on y jettera la quantité d'eau nécessaire pour bien l'éteindre. Après que la chaux aura été réduite en pâte, on mêlera le tout ensemble avec plusieurs rabots, et on ajoutera les graviers, cailloux ou rocailles, que l'on pilonnera fortement et assez long-temps pour que le mélange soit parfait. Cette opération terminée, on mettra le béton en tas, pour n'être employé, dans l'été, que quatre ou cinq heures après.

Si la chaux que l'on doit employer n'est que peu hydraulique, et qu'il soit nécessaire d'employer du ciment (circonstance qui peut se présenter dans bien des cas), on pourra composer le béton de la manière suivante :

Chaux éteinte	1 partie
Sable pur	1
Ciment pulvérisé	1
Graviers, cailloux ou rocailles	2 1/2
Total	<u>5 parties 1/2.</u>

La chaux sera d'abord mélangée avec le sable, puis on ajoutera le ciment, et ensuite les graviers, comme pour les bétons ordinaires.

ARTICLE IV.

ORGANISATION D'UN CHANTIER DE FABRICATION DE BÉTON.

Chaque chantier de manipulation sera composé de cinq manœuvres ; il sera fourni de deux comportes d'une égale capacité pour le mesurage de la chaux, des sables et des graviers ; de trois pilons en fonte, emmanchés, de deux pèles en fer, et d'une pioche à trois pointes. L'aire de fabrication sera planchéée en madriers jointifs, afin que la massivation soit opérée avec plus de facilité ; elle devra être aussi recouverte d'une toiture, afin de garantir les bétons des pluies et du soleil (1).

Une comporte de capacité moyenne, devra avoir les dimensions suivantes : diamètre intérieur au sommet 0,50 c., et dans le fonds, 0,40 c.; sa hauteur, prise intérieurement, sera de 0,60 c.; d'après cela, le cube intérieur de cette comporte, sera de 0,10 c. environ.

Chaque pilon en fonte aura la forme d'un cône tronqué, de 0,11 c. de diamètre à la base, de 0,08 c.

(1) On me pardonnera, je l'espère, ces répétitions ; elles sont quelquefois nécessaires, surtout lorsqu'il s'agit de recommandations importantes.

(70)

au sommet, sur une hauteur de 0,10 c. Il sera percé d'un trou de 0,03 c. de diamètre, pour y adapter le manche. Le poids d'un pilon des dimensions susdites, sera de 4 kilogrammes.

Si l'importance des ouvrages exige plusieurs chantiers de manipulation, ils devront être isolés de telle manière, que la manœuvre soit libre. La même toiture pourra recouvrir en même temps plusieurs de ces chantiers.

ARTICLE V.

COMPOSITION DU PRIX D'UN MÈTRE CUBE DE MAÇONNERIE DE BÉTON.

On a déjà vu dans l'article précédent, quelles devaient être les proportions à suivre pour la composition d'un mètre cube de béton; il nous reste à connaître maintenant, d'après quelles bases on doit établir le prix de cette espèce de maçonnerie.

Les chaux éminemment hydrauliques ne rendent qu'un pour un par l'extinction; c'est-à-dire qu'une mesure de chaux vive ne produit qu'une mesure de chaux en pâte.

Les chaux hydrauliques simples augmentent leur volume d'un quart par l'extinction ordinaire.

Enfin, les chaux moyennement hydrauliques, éteintes par le même procédé, produisent un tiers ou moitié en sus; c'est-à-dire que deux mesures de

chaux vive donnent trois ou quatre mesures de chaux en pâte.

En général, le foisonnement des chaux hydrauliques dépend de leur degré d'hydraulicité. Leur propriété se rapprochera d'autant des chaux grasses, que leur foisonnement sera plus avantageux.

Supposons d'abord que l'on veuille connaître le prix d'un mètre cube de béton, fait avec de la chaux éminemment hydraulique, dont le prix des 50 kilo. serait de 1 f. 25 c., et le poids du mètre cube, de 850 kil.; nous dirons que le prix d'un mètre cube de chaux vive, sera de 21 f. 25 c.

Extinction par le procédé ordinaire,	1
une journée de manœuvre payée	20

Prix d'un mètre cube de chaux éteinte 22 f. 45 c.

Admettons qu'un mètre cube de sable	
de rivière coûte, rendu sur les	
lieux,	1 fr. 50 c.

Et que le gravier, passé à la claire, et	
rendu sur les lieux, revienne éga-	
lement par mètre cube, au prix	
de	1 fr. 50 c.

Nous établirons comme suit, le prix d'un mètre cube de cette maçonnerie, en prenant pour base les quantités adoptées dans les ouvrages du pont de Souillac.

(72)

o m. 26 c. cubes de chaux en pâte, au prix ci-dessus, de 22 f.	
45 c. le mètre cube, montent ci.....	5 fr. 84 c.
o m. 39 c. cubes de sable , à 1 f.	
50 c. le mètre, ci.....	o 59
o m. 66 c. cubes de graviers, à 1 fr.	
50 c. le mètre, ci.....	o 99
<hr/>	
1 m. 31 c.	7 fr. 42 c.

Manipulation et emploi.

Cinq ouvriers payés 1 fr. 20 c. chaque,	
peuvent manipuler et mettre en place 4 mètres cubes de béton dans leur journée de travail ; ce qui fait revenir le prix du mètre cube,	
à	1 50
<hr/>	
	8 fr. 92 c.

1720 ^e , pour conduite, fournitures d'outils, et faux frais, ci.....	o 45
<hr/>	
	9 fr. 37 c.
17 ^e o ^e de bénéfice, ci.....	o 94
<hr/>	
Prix du mètre cube.....	10 fr. 31 c.

J'ai supposé, dans ce calcul, que la chaux ne rendait qu'un pour un, par l'extinction ; voyons maintenant quel serait le prix de ce béton, en admettant que la chaux foisonne du tiers.

(73)

La chaux de cette espèce sera plus légère, parce qu'elle contiendra moins de silice et de principes ferrumentaires. Je suppose son poids réduit à 750 kilo. par mètre cube; alors, un mètre cube de chaux vive, au prix de 1 fr. 25 c. les 50 kilo., reviendra au prix de..... 18 fr. 75 c.

Frais d'extinction, comme ci-dessus. 1 20

19 fr. 95 c..

Cette chaux, foisonnant du tiers de son volume primitif, le mètre cube en pâte reviendra au prix de..... 14 fr. 96 c.

Les prix des sables et des graviers restant les mêmes qu'au sous-détail précédent, nous aurons pour le prix du mètre cube de ce même béton :

o m. 26 c. cubes de chaux en pâte,
au prix ci-dessus, de 14 f.

96 c. le mètre, montent 3 89

o 39 cubes de sable, à 1 fr.
50 c. le mètre..... o 59

o 66 cubes de graviers, à 1 f.
50 c..... o 99

1 31 5 fr. 47 c.

Manipulation et emploi.

Comme au sous-détail précédent... 1 50

A reporter..... 6 fr. 97 c.

(74)

<i>Report</i>	6 fr. 97 c.
1720 ^e , pour conduite, outils et faux	
frais.....	o 35
	7 fr. 32 c.
1710 ^e de bénéfice.....	o 73
Prix du mètre cube.....	8 fr. 05 c.

On voit d'après cela, que toutes conditions de quantités de matière et de prix étant égales, le prix d'un mètre cube de béton sera plus ou moins élevé, selon que le foisonnement de la chaux sera plus ou moins considérable.

Il est inutile, sans doute, de faire observer que les calculs ci-dessus ne sont qu'hypothétiques, attendu que les prix des matières varient selon les localités et les lieux d'où elles proviennent; mais il sera toujours facile de se rendre compte de la valeur d'un mètre cube de béton, composé de parties analogues à celles que j'ai indiquées, pourvu que l'on connaisse le poids de la chaux, son prix, et son foisonnement, ainsi que les prix des sables et des graviers.

ARTICLE VI.

DE L'EMPLOI DU BÉTON.

Le béton peut remplacer très-avantageusement toute espèce de maçonneries, dans un grand nombre de travaux. On l'emploie communément dans l'eau, pour

les fondations des piles et des culées de pont, ou pour celles de murs de quais, barrages, écluses, ports, etc. Quelquefois aussi, il est employé dans les ouvrages non immergés, tels que les fondemens des édifices, et à la construction des murs. Le but de cette notice étant d'examiner dans combien d'espèces de travaux le béton peut être utilement employé, je réserve ces détails pour le moment où il sera question de ces désignations. Néanmoins, l'emploi du béton en immersion peut être quelquefois nécessaire dans les constructions civiles et particulières; je dois alors faire connaître la manière de procéder dans ces circonstances. Je ne puis mieux faire que de transcrire ici les détails donnés par M. Vicat (1), sur les moyens d'immerger le béton.

« Tous les soins apportés à la fabrication, sont à-peu-près en pure perte, quand l'immersion d'un béton est mal faite; dans aucun cas, on ne doit le lancer à la pelle. Si la profondeur de l'eau est peu considérable, comme d'un mètre, par exemple, il faut le conduire jusqu'à fonds et l'y déposer doucement. Les trémies devraient être généralement proscrites; la masse d'eau qu'elles renferment, quoique stagnante, détrempe toujours le héton qui la traverse.

« La caisse proposée par Bélidor est sans contredit ce qu'il y a de mieux. Nous l'avons simplifiée, en lui

(1) Résumé sur les mortiers, page 45, Paris, 1828.

donnant la forme d'une pyramide quadrangulaire tronquée renversée ; on la suspend un peu au-dessus de son centre de gravité ; arrivée au fond de l'eau , elle se vide , comme les camions , par un mouvement de bascule . Le béton en sort en forme pyramidale , et s'assied constamment sur sa plus large base .

« L'immersion du béton se fait par couches successives , dont l'épaisseur ne doit point excéder 0,40 c. ; à mesure qu'une couche s'avance dans l'encaissement , on la fouille , elle chasse devant elle une bouillie ou laitance , qui s'accroît sans cesse , et devient d'autant plus abondante , que l'étendue et la hauteur de la couche sont plus considérables . Cette laitance , à raison de sa fluidité , fait place au produit de chaque immersion partielle , et finit , lorsqu'on n'y prend pas garde , par remonter de couche en couche , mais non pas de telle manière qu'il n'en puisse rester une épaisseur de trois à cinq centimètres entre deux couches successives ; chose très-fâcheuse , car , composée comme elle l'est d'une chaux noyée , cette bouillie ne fait jamais qu'une prise imparsaite , et détruit ainsi la continuité de la masse , dont elle favorise d'ailleurs le tassemement .

« Il est facile d'obvier à cet inconvenient , dans une eau courante ; il suffit de ménager de petites ouvertures dans les parois de l'encaissement , et de les multiplier de manière que l'eau de l'enceinte puisse se renouveler sans cesse . On les tient cependant assez étroites , pour que le béton ne puisse filer au travers .

« Dans une eau stagnante, on peut placer une ou deux fortes pompes à l'extrémité de l'enceinte où chaque couche vient se terminer, et pomper la laitance à mesure qu'elle arrive. Les balais sont employés avec succès, quand l'encaissement offre une issue; mais ce moyen suppose qu'on puisse donner à chaque couche le temps de faire prise.

« On réduit, au surplus, la formation de la laitance à peu de chose, quand on apporte un grand soin à l'immersion. On doit se garder surtout de battre le béton immergé; c'est une opération parfaitement inutile, et de plus très-nuisible. Le béton se tasse de lui-même, autant qu'on puisse l'exiger; la massivation n'a d'autre effet que de le délayer et de l'appauvrir. La seule chose qu'on puisse se permettre, c'est d'étendre ou d'affaïsser par compression, mais sans choc, le produit de chaque immersion partielle.

« Une pratique assez généralement admise autrefois, et qui dérivait naturellement de cette persuasion, que la prise la plus prompte conduit à la dureté la plus grande, consistait à employer de la chaux bouillante, et à immerger le béton tout chaud. Or, un béton chaud est nécessairement un béton mal broyé; il est, en effet, de toute impossibilité que la chaleur développée par la chaux vive se maintienne pendant tout le temps qu'exige une bonne manipulation. Toute manifestation de chaleur, à cette époque, indique le développement successif d'une chaux paresseuse, et

par conséquent, une extinction et un mélange imparfaits. Or, si un tel mélange est immergé dans un espace où rien ne le contienne, il se gonfle, se détrempe, et s'étend. Nous devons en conclure, qu'il ne convient d'employer la chaux qu'après son entier refroidissement, signe certain d'une extinction complète. C'est au surplus à la sagacité du constructeur, à distinguer quand la chaleur, manifestée par un grand volume de chaux éteinte en pâte, est le résultat d'un travail intime actuel, ou la suite de la première effervescence (1).

« On ne doit point attendre, comme le prescrit Bélidor, pour immerger le béton, qu'il ait été privé de sa ductilité, par un commencement de dessiccation; car, il se divise, s'émette alors d'une manière incroyable, et ne forme plus qu'une bouillie, dont la prise devient nécessairement très-lente et très-imparfaite.

(1) Note de l'ouvrage de M. Vicat, page 105.

« Les travaux de la navigation de la Vézère viennent d'offrir un fâcheux exemple du danger d'employer de la chaux imparfairement éteinte; soit pour gagner du temps, soit pour tout autre motif, on a cru pouvoir se dispenser de laisser reposer, après l'extinction, la chaux hydraulique dont on a fait usage. Les maçonneries n'ont rien manifesté d'extraordinaire, tant qu'elles ont pu se maintenir à sec pendant l'étiage d'été; mais à peine les crues d'hiver sont-elles venues submerger les travaux, que le mortier s'est gonflé, et avec une telle force, que les pierres de taille du parement des bajoyers sont sorties en une foule d'endroits, et notamment aux épaulements des musoirs; bref, la reconstruction de deux écluses a été le résultat de ces accidens »

Un tel béton, n'acquierte dans la suite, que du 1710 au 3710 de la dureté dont il est susceptible quand il est immergé convenablement.

« Quand, à raison d'empêchemens imprévus, on est forcé sur les travaux, d'ajourner l'immersion d'une certaine quantité de béton déjà préparé, et que, par suite, ce béton vient à durcir, il n'y a point d'inconvénient à le rebattre de nouveau, et à le ramener à sa consistance première, avec addition d'eau ; pourvu toutefois, que la dureté acquise ne résulte que d'une dessiccation très-rapide, provoquée en quelques heures, par un coup de soleil ou un vent brûlant.

« Quand il est possible d'employer les mortiers ou cimens à sec, dans une enceinte épuisée, on remplace ordinairement le béton par une maçonnerie. On double alors la résistance future dont ces mortiers ou cimens sont capables, en leur laissant prendre, avant que d'introduire l'eau dans l'enceinte, une certaine dureté, compatible encore avec une humidité apparente ; telle, en un mot, que la teinte blanche, qui caractérise la dessiccation, ne se soit point encore montrée. »

Ces détails suffisent, sans doute, pour faire connaître la manière dont le béton doit être employé en immersion. Mais cette espèce de maçonnerie pouvant aussi être destinée avec avantage à des ouvrages non immersés, j'ai à présenter les moyens de l'employer, d'après les principes qui ont été consacrés par l'expérience.

Le béton, combiné dans des proportions exactes, bien manipulé et employé avec soin, représente exactement une pierre factice; il peut donc remplacer avec avantage toute autre espèce de maçonnerie, dans la construction des murs et des voûtes. On doit surtout le préférer à une maçonnerie quelconque, pour le remplissage des fondations des murs; car sa propriété de ne former qu'un seul bloc, imitant la pierre, par son homogénéité et par sa résistance, assure la plus grande solidité à la base des édifices. On n'est pas toujours assez heureux de rencontrer un fond solide pour l'assiette des fondations; alors, la masse du béton, ayant une largeur et une épaisseur proportionnées à la hauteur de l'édifice et à l'épaisseur des murs, procurera une base solide, sur laquelle les maçonneries supérieures pourront être élevées sans crainte. J'ai acquis la preuve de la bonté de cette méthode, dans la construction d'un bâtiment, dans le local de l'ancienne abbaye de Gaillac; cette propriété, située sur la berge rive droite du Tarn, est élevée à plus de vingt mètres au-dessus du lit de cette rivière; on conçoit déjà qu'un fond solide ne pouvait se rencontrer qu'à une profondeur très-considérable. La tranchée des fondations fut creusée jusqu'à trois mètres de profondeur, et l'on ne trouva que de l'arène, et en quelques endroits, de la terre de peu de consistance; je fis remplir cette tranchée, ayant un mètre d'empattement, de béton, composé d'une partie de chaux hydraulique

éteinte, une partie et demie de sable, et trois parties de graviers; quelques jours après, on put construire sur ce massif les murs en maçonnerie de briques qui s'élèvent, sur une épaisseur constante de soixante-cinq centimètres, jusqu'à une hauteur de dix-sept mètres environ. Depuis l'entièrre construction de ces murs, qui remonte à plus d'une année, on n'a remarqué aucun indice qui pût faire supposer le moindre tassement dans les fondations de ces ouvrages.

D'un autre côté, le béton, composé de matériaux toujours également résistans, garantira des tassements irréguliers que l'on remarque souvent dans les constructions qui reposent sur des maçonneries de moellons, parce que ceux-ci, malgré les plus grands soins, ne peuvent pas être constamment arrangés de telle manière que des tassements partiels nesoient inévitables. Il y aura donc avantage à construire en maçonnerie de béton les fondations générales des murs des édifices quelconques.

Après que le béton aura été déposé dans la tranchée des fondations, ou dans l'encaissement formé par les banches qui fixent les épaisseurs de murs, un ou plusieurs manœuvres, armés de pilons, seront occupés à la massivation. Pour que cette opération produise tout l'effet qu'on doit en attendre, il faut que le béton ait acquis un certain degré de consistance, et qui, sans attendre la dessiccation, soit maintenu à l'état de pâte forte; car la compression ne serait pas

possible, si la matière tendait à fuir sous le battoir. La massivation a pour but de faire que toutes les parties constitutives du béton soient parfaitement adhérentes ; dans cet état, cette matière sera homogène et incompressible; cette dernière propriété est un des avantages les plus prononcés et les mieux constatés du béton ; elle le rend propre à servir de point d'appui aux plus fortes masses.

CHAPITRE IV.

EMPLOI DU BÉTON DANS LES CONSTRUCTIONS CIVILES.

Avant de me livrer à l'examen des ouvrages qui peuvent être exécutés en maçonneries de béton, en remplacement de celles en briques, moellons ou pierres de taille, j'entrerai dans quelques détails sur ceux que j'ai fait exécuter dans le département du Tarn et dans celui de Tarn-et-Garonne:

J'e m'occuperaï d'abord des ouvrages exécutés à Gaillac (Tarn), pour la construction de vastes bâtiments communaux, situés sur la place Dom-Vaïsette. Quelques détails à ce sujet ont été rapportés dans un journal de Toulouse, du 20 mars 1834, intitulé *la France méridionale*.

La chaux employée à la fabrication du béton était éminemment hydraulique; son foisonnement presque nul; fabriquée dans Gaillac même, et calcinée au

moyen de la houille, à feu continu (1). Le sable, pris dans la rivière du Tarn, était de très-bonne qualité, fin et très-pur. Les graviers provenaient d'une minière, mais lavés et dégagés de toutes parties terreuses ou sablonneuses.

A sa sortie du four, la chaux était déposée dans un bassin imperméable, et éteinte par le procédé ordinaire, en n'employant que la quantité d'eau déterminée par l'expérience; cette chaux n'était employée que quelque temps après son extinction. Un second bassin servait aussi à l'extinction de la chaux, afin qu'il ne pût y avoir interruption dans la fabrication des mortiers, à raison du laps de temps nécessaire à la complète dissolution de la chaux vive. De cette manière, aussitôt qu'un bassin était vide, on recommençait l'opération d'éteignage, et on employait la chaux éteinte dans le deuxième bassin en attendant que celle du premier fût complètement éteinte. L'intervalle de temps entre

(1) La chaux dont on a fait usage provenait des fours que M. Hemet, négociant, a fait construire dans Gaillac même. Elle a la propriété de faire une prise très-prompte; ce qui rend son emploi très-utile pour les maçonneries immersées et exposées aux courans; elle convient aussi principalement aux constructions exposées à l'air, telles que voûtes, murs, etc., etc. Cette chaux étant *éminemment hydraulique*, doit être désignée sous le nom d'*hydraulique-aérienne*.

Des dépôts de cette chaux sont établis à Toulouse et à La-Pointe-Saint-Sulpice (Tarn) d'où elle peut être amenée à peu de frais jusqu'à Bordeaux, par bateaux sur la Garonne.

l'extinction et l'emploi de la chaux, n'était jamais moindre de douze heures ; afin de maintenir cette proportion, la main d'œuvre était mise en rapport avec la capacité des bassins, de telle manière, que la chaux du soir n'était employée que le lendemain, et celle du matin, le scir du même jour.

L'aire de fabrication était carrelée en briques sur mortier de chaux et sable, et recouverte d'une toiture, afin d'éviter une trop prompte dessiccation des matières par l'ardeur du soleil, et en même temps, pour empêcher les mortiers d'être lavés par les pluies.

La chaux, mesurée dans une comporte, était déposée sur l'aire, où elle était long-temps et fortement broyée au moyen du rabot en fer jusqu'à sa réduction en pâte molle. Après cela, une comporte de sable était, par parties, broyée et pilonnée avec la chaux, jusqu'à parfait mélange. Le mortier ainsi préparé, on amalgamait successivement une comporte et demie de graviers, et une autre de débris de briques de démolition. Toutes ces matières étaient malaxées et pilonnées sans addition d'eau ; mais, au moyen d'un arrosage presque continu, les graviers et les briques concassées étaient maintenus en l'état d'humidité permanente. Il est de toute évidence qu'un mortier très-ferme ne pourrait être employé avec des matériaux secs et absorbans ; lorsqu'on a de pareils matériaux, il faut les mouiller sans cesse et les tenir dans un état complet et permanent d'imbibition ; le secret

d'une bonne manipulation et d'un bon emploi, est tout entier dans ce précepte : *mortier ferme et matériaux imbibés*. Nos maçons, au contraire, semblent avoir pris pour devise : *pierres sèches et mortier noyé*.

Le béton, fabriqué ainsi que je viens de le dire, était employé aux fondations générales des murs ; il était mis en place immédiatement après que la manipulation et le mélange étaient parfaits. Un ou plusieurs manœuvres, armés de pilons en bois garnis de plaques de fer, étaient occupés à massiver ce béton au fur et à mesure qu'il était déposé dans la tranchée, en ayant le soin de bien comprimer cette matière contre les parois des encassemens. Au bout de moins d'un mois, cette espèce de maçonnerie avait acquis un si haut degré de consistance, qu'ayant été obligé d'en enlever une partie pour ouvrir le passage d'un aqueduc, les ouvriers employés à cette démolition n'y parvinrent qu'avec beaucoup de difficultés.

L'emploi du béton dans les fondations des édifices quelconques présente une économie incontestable, tant sous le rapport de la valeur des matières, que sous celui de la main-d'œuvre ; sous ce dernier point surtout, si les fondations sont construites en maçonnerie de briques, moellons ou pierres de taille, on ne peut employer que des maçons que l'on paye 2 fr. à 2 f. 50 c. et même 3 fr. par jour ; tandis qu'en employant le béton, un seul maçon ou deux au plus suffisent pour la direction d'un atelier de trente ou quarante manœuvres.

vres constructeurs, que l'on ne paye que 1 f., ou 1 f. 20 c. par jour; les femmes et les enfans peuvent également être employés à ces ouvrages. D'un autre côté, on n'a pas à craindre pour les ouvriers les dangers des éboulemens, surtout dans les fondemens qui présentent des excavations profondes; toute la main-d'œuvre s'opère par en haut, même la massivation, au moyen d'un manche assez long adapté au battoir ou pilon.

Il se présente quelquefois dans les constructions civiles, des cas où le béton doit être immergé; messieurs les ingénieurs des ponts et chaussées l'emploient presque toujours dans ces circonstances pour la construction des piles et culées des ponts, barrages, écluses, ports, et murs de quai. Ayant déjà fait connaître le procédé d'immersion indiqué par M. Vicat, je ne dirai rien de plus à ce sujet.

La cave voûtée, construite dans l'édifice de Gaillac précité, a une longueur de 18 m., et une largeur dans œuvre de 6 m.; sa profondeur est de 3 m. en contrebas du sol supérieur. Les supports de cette voûte, et la voûte elle-même, sont construits en maçonnerie de béton. Après que les tranchées furent ouvertes sur les quatre côtés de la cave projetée, je fis modeler la courbure de l'arc de la voûte sur la terre même; en lui donnant la forme d'un cintre dont la flèche n'est que de 1 m. de hauteur, ne réservant de libre que l'emplacement de l'escalier de descente. Cela fait, le

béton fut jeté et massivé dans ces tranchées jusqu'à la rencontre de la naissance de la voûte.

Il fut, après cela, mis en place des deux côtés en même temps sur les reins, et successivement en remontant jusqu'au sommet de l'arc ou clavade de la voûte; à ce point, l'épaisseur est de 43 c., et les reins arrasés de niveau avec l'intrados de la clavade. Dans la construction de cette voûte, on procéda de la même manière qu'on aurait agi pour une construction en briques ou en moellons; c'est-à-dire, le béton était déposé en même temps sur toute la largeur et l'épaisseur donnée à la voûte, en forme de voussoirs continus, fortement massivés selon la direction du rayon de l'arc. A mesure que chaque partie de voûte était terminée, le béton était recouvert d'une couche de terre que l'on avait le soin d'arroser parfois dans la journée, afin de diminuer les effets d'une trop prompte dessiccation: Quatre mois environ après l'entière confection de cette voûte, j'ordonnai l'enlèvement des terres qui servaient de cintre, et qui occupaient le vide de la cave; alors, pour nous servir des expressions du journaliste, *la voûte demeura suspendue sur la tête des ouvriers employés aux déblais des terres, et un grand nombre de curieux ne furent pas saisis de la moindre crainte, en parcourant ce souterrain si ingénieusement construit.*

Le béton employé à la construction de cette voûte, était composé d'une partie de chaux mesurée éteinte.

d'une partie de sable et de deux parties de graviers ; la grosseur de ces graviers n'excédait pas celle d'une noix. Le mode de fabrication était le même que pour le béton employé aux fondations dont j'ai donné ci-dessus le détail.

Mes assertions ne seraient peut-être pas suffisantes pour engager certains constructeurs à suivre la méthode de bâtir que je propose d'adopter dans les localités où les matériaux en usage sont d'un prix élevé. J'ai cherché à leur donner plus de vérité et de confiance en provoquant, dans les lieux où j'en ai fait usage, la nomination de commissions chargées de vérifier ces constructions, et de constater le résultat de mes expériences. Sur ma demande, M^e le Maire de Gaillac désigna une commission, à laquelle voulut bien s'adjointre M. le Sons-Préfet de l'arrondissement. Cette commission, après avoir rempli son mandat, rédigea le rapport dont je vais donner la copie :

« La ville de Gaillac, département du Tarn, fait construire en ce moment, sur l'emplacement de l'ancien couvent des capucins, de vastes bâtimens communaux destinés à recevoir l'hôtel-de-ville, un tribunal civil, un collège et des écoles primaires des deux degrés. Ces édifices s'élèvent sur les plans et devis dressés par M. Lebrun jeune, architecte demeurant à Montauban, qui n'a pas cessé d'en diriger l'exécution, depuis le mois de janvier 1833, époque où la première pierre fut posée.

« Les innovations utiles appartiennent à la publicité, quel que soit l'art auquel elles s'appliquent. Nous nous plaisons donc à attester les faits ci-dessous détaillés ; ils constatent, à notre avis, un progrès réel dans la construction des maçonneries, et méritent d'être signalés à l'industrie des entrepreneurs de bâtiments et à l'esprit d'économie qui caractérise notre époque.

« Les fondations générales, qui se développent sur une longueur totale de plus de *six cents mètres*, ayant une profondeur d'*un mètre soixante centimètres*, et une épaisseur de *soixantequinze à quatre-vingt centimètres*, ont été exécutées en maçonnerie de béton, composé de chaux hydraulique, de sable et de graviers. Cette espèce de maçonnerie, préparée à l'avance sur une aire carrelée, où toutes les parties constitutives étaient convenablement pilonées et manipulées, était ensuite jetée dans les tranchées des fondations, où elle était encore fortement pilonée. Quelques jours après, ce béton avait acquis une consistante telle que l'on a pu sans crainte établir les maçonneries supérieures. Nous avons remarqué, aujourd'hui que les murs du bâtiment principal sont élevés jusqu'au comble, qu'il ne s'est pas manifesté le plus léger tassement, et que les murs ont parfaitement conservé leur aplomb. Il nous reste donc prouvé que le béton peut remplacer avec avantage toute autre espèce de maçonnerie dans la construction des fondations. Notre conviction à cet

égard est celle de tous les habitans de Gaillac, qui, témoins d'une expérience en grand et tout-à-fait décisive, n'hésitent pas à profiter de la méthode dont M. Lebrun a fait usage. Plusieurs maisons, et notamment celle de M. Lacombe, député de l'arrondissement, sont assises sur du béton fabriqué sous les yeux de M. Lebrun; et la classe pauvre qui, jusqu'à ce jour, bâtissait avec de la brique verte sur des fondemens dont la détérioration entraînait bientôt la chute de murs fort mauvais de leur nature, commence à comprendre le secours que le béton peut lui prêter.

« Nous reconnaissons deux avantages dans l'emploi de ce mélange :

« Le premier c'est l'économie; car un mètre cube de maçonnerie de briques, seule en usage dans nos contrées pour les bâtissés solides, ressort au prix de seize à dix-sept francs, tandis que le mètre cube de béton, mis en place, n'a coûté que sept francs.

« Le deuxième, c'est que les maçonneries hors terre n'ont plus à craindre d'être attaquées par le salpêtre que développe l'humidité venant des fondations; salpêtre qui ronge les briques, détériore les façades, et compromet parfois la solidité d'un édifice.

« Depuis que M. Lebrun a ramené parmi nous l'attention sur l'usage du béton, on en a fait quelques autres applications utiles; ainsi, chez M. Théron de Montaugé, juge de paix de Gaillac, une large et belle

terrasse présente une surface tellement imperméable à l'eau, que depuis sa construction elle n'a point éprouvé la plus petite filtration; ainsi, on voit chez M. Bellegarde un rez-de-chaussée carrelé d'une couche de béton, qui rend le pavé salubre, après avoir procuré une grande économie de matière et de main-d'œuvre.

« Les faits que nous venons de signaler sont importants sans doute, mais beaucoup moins que l'innovation réelle que nous allons décrire.

« Une cave voûtée de *dix-huit mètres* de longueur, sur *trois* de profondeur, a été construite sous une partie des bâtiments communaux de Gaillac. Les murs de pourtour et la voûte sont entièrement exécutés en béton, préparé et employé ainsi que nous l'avons dit pour les fondations. La voûte a été construite sans le secours de cintres en bois. On modela la terre dans l'intérieur de la cave, de manière à lui donner la courbure convenable; le béton, déposé et massivé sur cette forme, était recouvert ensuite d'une couche de terre, afin d'éviter une trop prompte dessiccation des mortiers. La courbure de cette voûte est une portion d'arc d'*un mètre* de flèche, sur *six mètres* de corde; l'épaisseur est de *quarante-trois centimètres* à la clavade, arrasée sur les reins de niveau avec son intrados. Quatre mois après la mise en place de cette espèce de maçonnerie, on a enlevé les terres qui formaient le cintre, et la voûte est demeurée suspendue, parfaitement unie, et

(92)

sans le plus léger accident. Depuis cette époque (*une année environ*), cette voûte s'est conservée dans le meilleur état possible, en dépit des pluies abondantes de l'hiver dernier ; et les curieux arrivent journellement pour visiter cette construction aussi simple qu'ingénieuse.

« Nous reconnaissons dans l'application du béton à la construction des voûtes de caves, les avantages que nous avons signalés concernant l'économie et l'intérêt de la conservation des matériaux. Cette application peut amener de notables changemens dans l'industrie vignicole d'une contrée où la cherté des matériaux n'a pas permis jusqu'ici de bâtir assez de caves souterraines pour assurer la conservation parfaite d'un vin renommé par sa qualité supérieure.

« En foi de ce, nous avons dressé le présent certificat, délivré à M. Lebrun, comme un témoignage de l'estime et de la satisfaction des signataires.

« Gaillac, le 17 septembre 1834.

« J. RIGAL, membre du conseil municipal ; ancien maire ;
J. J. JUSTIN DE LACOMBE, député du Tarn ; DEMURS,
notaire et conseiller municipal ; L. RICOUS, conseiller
municipal ; DUBOYS, avoué, conseiller municipal ;
BERMOND, ancien député, maire de Gaillac.

(93)

« Vu par le Sous-Préfet de l'arrondissement de Gaillac,
pour légalisation de la signature de M. Bermond,
maire de la ville de Gaillac; certifiant en outre la
vérité des faits ci-dessus exposés.

« Gaillac, le 17 septembre 1834,

« Le Sous-Préfet,

« Signé BERMOND.

Antérieurement à la démarche que je fis auprès de M. le Maire de Gaillac, je m'étais adressé à M. le Préfet du département du Tarn, à l'effet d'obtenir la nomination d'une commission de gens de l'art chargée de vérifier et de faire un rapport sur ces constructions. Ce magistrat, par son arrêté en date du 27 septembre, nomma cette commission qui, le 16 octobre, après avoir vérifié ces ouvrages, rédigea le procès-verbal dont la teneur suit :

Procès-verbal de la séance de la commission réunie par arrêté de M. le Préfet du département du Tarn, en date du 27 septembre 1834.

« Aujourd'hui, seize octobre mil huit cent trente-quatre, se sont assemblés les membres de la commission convoquée par l'arrêté de M. le Préfet du Tarn, et

(94)

réunis par M. le Maire de Gaillac, dans une des salles de la mairie.

« Étaient présens, messieurs :

« Le Maire de Gaillac, président de la commission ;
« Peschelache, architecte du département ;

« Guerre, ingénieur ordinaire de l'arrondissement d'Albi.

« De Lacombe Justin, membre de la chambre des Députés.

« Louis Bermond, propriétaire.

« Rest Alban, propriétaire, membre du conseil d'arrondissement.

« Messieurs les membres de la commission se sont rendus sur les lieux, pour examiner les constructions exécutées en béton pour les fondations générales et la voûte de la grande cave des bâtiments communaux de Gaillac.

« Ils ont reconnu devant M. Lebrun jeune, architecte du bâtiment en construction, que les maçonneries présentaient toutes les garanties de solidité nécessaires.

« Le seul moellon qu'il soit possible d'employer à Gaillac étant de mauvaise qualité, on n'emploie pour les voûtes de tous les bâtiments de la ville que la maçonnerie en briques. Cette maçonnerie coûte de 16 à 17 francs le mètre cube; le béton que l'on a employé

pour la voûte, ne revenant qu'à 10 francs le mètre cube, il y a une grande économie. Comme d'ailleurs la solidité y est jointe, on ne peut qu'applaudir à la préférence que l'on a donnée au béton pour les constructions précitées.

« M. Pescheloché, architecte du département, pense qu'à Gaillac, dans les environs et généralement dans toutes les localités où on ne pourra trouver du moellon de bonne qualité, on emploiera avec avantage du béton pour les voûtes de petites dimensions, telles que celles des caves, et pour les fondations.

« M. Guerre, ingénieur ordinaire, donne le même avis, et fait observer cependant que le moellon, toutes les fois qu'il est de bonne qualité, doit être préféré au béton, sous le rapport de la solidité et presque toujours de l'économie. A plus forte raison, la maçonnerie de briques lui semble présenter beaucoup plus de garantie de solidité; mais, vu son prix élevé, on doit la réserver pour les constructions très-importantes.

« Le présent procès-verbal, dressé et clos les jour, mois et an que dessus.

« Fait à Gaillac, en triple expédition, et ont signé les membres présens.

« *BERMOND, maire, président; PESCHELOCHÉ; GUERRE; REST; JUSTIN DE LACOMBE; LOUIS BERMOND.*

On voit dans ce rapport que l'opinion personnelle de MM. Pescheloch et Guerre, est que la maçonnerie en moellon de bonne qualité doit être préférée à celle en béton pour la construction des voûtes. M. Guerre insiste principalement sur cette préférence, par des motifs de solidité et d'économie, en faveur de la maçonnerie en moellon.

La commission a été d'un avis unanime sur la question de solidité de la voûte en béton ; ce qui ne pouvait être autrement, puisqu'il ne s'est manifesté aucun mouvement après le décintrement, et qu'elle présente un intrados parfaitement uni, sans fissures ni lézardes ; cette circonstance n'annonce-t-elle pas au moins que les voûtes en béton peuvent être aussi solides que celles en moellon, ou en maçonneries de briques ? La connaissance de la preuve contraire appartient à l'expérience, et non pas à des hypothèses ; il suffirait pour cela, de construire deux voûtes d'égales dimensions, l'une en moellon et l'autre en béton ; de les soumettre à une pression telle que l'écrasement dût s'ensuivre ; et alors seulement, cette préférence devrait être accordée à la voûte qui aurait résisté à la plus forte charge.

En ce qui concerne l'économie, je suis loin de partager l'opinion de M. Guerre. Je pense que dans l'une de ces circonstances, le prix d'un cintre en bois ne doit pas être plus cher que dans l'autre ; que le prix des moellons et des graviers, cailloux ou recoupés de

pierres, ne peut pas varier d'une manière sensible; et que quant à la main d'œuvre, il en coûtera toujours beaucoup plus cher de préparer les moellons, de les rendre à pied-d'œuvre, et de les mettre en place, que de fabriquer le béton et de le déposer sur le cintre. Je persiste donc à croire que, toutes circonstances étant égales, la maçonnerie en béton sera plus économique que celle en moellons.

Dans le département de Tarn-et-Garonne, je fus chargé par M. le Maire de la commune de Saint-Agnan (1), située à peu de distance de Castel-Sarrasin, sur la rive gauche de la Garonne, de dresser un projet de construction d'une maison d'école. Je le priaï de m'autoriser à indiquer la maçonnerie de béton en remplacement de la maçonnerie de briques, en usage dans ces contrées; je reçus à cet égard l'autorisation la plus étendue, et en même temps l'expression de la satisfaction de ce zélé administrateur, de voir introduire dans ces contrées un mode de construction si avantageusement favorisé par l'abondance des graviers déposés par le courant sur les rives de la Garonne, et par la proximité de chaux hydraulique de bonne qualité.

Cette construction composée d'un étage souterrain et d'un rez-de-chaussée seulement, comprenant la salle d'enseignement et le logement de l'instituteur, est ter-

(1) M. Malecaze, membre du conseil d'arrondissement.

minée depuis quelque temps. Les murs de fondation et en élévation jusqu'à la toiture, tant extérieurs qu'intérieurs, ainsi que la voûte de la cave, sont construits en maçonnerie de béton. Cette voûte a été construite au moyen d'un cintre ordinaire en planches.

La toiture de ce bâtiment est couverte en tuiles, et construite d'après le système ordinaire de charpente en bois. J'avais demandé de remplacer cette charpente par une voûte en béton ; M. le Maire m'ayant fait observer que la commune avait le projet d'exhausser ce bâtiment, dès qu'elle aurait les moyens d'exécuter cet ouvrage, je dus renoncer à mon projet, et faire construire cette charpente en bois, afin qu'elle pût être utile dans la reconstruction projetée.

Ce bâtiment a déjà reçu de nombreuses visites des habitans des rives de la Garonne; les apparences de solidité n'ont pu être trompeuses pour aucun d'eux; je puis affirmer d'hors et déjà que dans ces contrées, le béton sera la maçonnerie principale employée dans les ouvrages de toute nature. Son emploi est d'une exécution si facile, qu'il suffit de savoir construire en pisé, pour hâtier des murs quelconques en béton; cette facilité est même mieux constatée, si l'on observe que le béton fait une prise beaucoup plus prompte que la terre employée au pisé. Toutefois, en attendant que ce mode de construction soit mieux perfectionné, et que son usage soit plus pratiqué, il convient de con-

struire en briques taillées, les baies des ouvertures en général, ainsi que cela a lieu dans les maçonneries ordinaires. D'ailleurs, la construction des jambages et des pied-droits, avant la mise en place des banches, facilitera l'établissement de ces dernières, et déterminera bien mieux les lignes des murs sur les deux faces.

Le béton employé à cette construction était composé d'une partie de chaux éteinte, d'une partie et demi de sable, et de trois parties de graviers. Le mètre cube mis en place n'a coûté que 4 fr. 50 c., non compris la fourniture des graviers et du sable que les habitans de la commune de Saint-Agnan avaient pris l'engagement de remettre à pied-d'œuvre. Cette fourniture a procuré une économie de 3 à 4 fr. par chaque mètre cube. Cette construction exécutée en maçonnerie de briques, aurait coûté de 16 à 17 fr. le mètre cube; on voit d'après cela, quelle grande économie on a pu obtenir par l'emploi du béton.

Le prix de construction de cette maison d'école, s'est élevé, exécutée en béton, à la somme de 3086 fr. 70 c.; si les maçonneries eussent été faites en briques et mortier de chaux et sable, seules en usage dans ces contrées, cette construction aurait coûté 5,250 fr, en ayant égard à la moindre épaisseur que l'on aurait pu donner aux murs. Il y a donc une économie de plus de deux cinquièmes, en faveur de la maçonnerie de béton.

On vient de terminer, d'après le projet que j'ai dressé, et toujours d'après le même système de construction, une autre maison d'école à Castel-Ferrus, village situé à 1500 mètres environ de Saint-Agnan, même rive en amont de la Garonne. Ce bâtiment comprend la salle d'enseignement, le logement de l'instituteur, et une salle de mairie avec ses dépendances ; il est composé d'un rez-de-chaussée, et d'un premier étage.

Espérons que l'expérience décisivement acquise sur la bonté des bétons employés aux constructions des murs souterrains et en élévation, amènera une grande économie dans l'art de bâtir : économie de temps, économie dans la dépense, solidité mieux constatée, tels sont les avantages qui résultent de l'emploi de ce système de construction. Il ne m'est pas permis d'ignorer que cette innovation éprouvera quelques difficultés à se produire et à se répandre, par les efforts intéressés à la déprécier de quelques fournisseurs de matériaux dont la consommation deviendra presque nulle. Quels que soient ces efforts, ils ne détruiront pas des faits qui existent, et que chacun peut vérifier dans les localités sus-désignées.

Ainsi que je l'avais fait pour les ouvrages exécutés à Gaillac, je demandai à M. le Préfet du département de Tarn-et-Garonne, de vouloir bien désigner une commission pour examiner et faire un rapport sur ces constructions. Ce magistrat s'empressa de répondre à ma

(101)

demande ; il invita M. Abrial, ingénieur en chef du département, et monsieur l'ingénieur ordinaire de l'arrondissement de Moissac, à se rendre sur les lieux, et à lui adresser un rapport, à ce sujet.

Conformément à ma demande, ces messieurs se rendirent sur les lieux, et après avoir examiné ces constructions dans le plus grand détail, monsieur l'ingénieur en chef adressa à M. le Préfet, le rapport dont voici la copie :

« Montauban le 1^{er} octobre 1834.

« Monsieur le Préfet,

« Conformément à votre invitation, j'ai profité d'une tournée dans l'arrondissement de l'Ouest, pour visiter les constructions en *béton*, que M. Lebrun, architecte, demeurant à Montauban, fait exécuter à Saint-Agnan et à Castel-Ferrus ; ces bâtiments sont destinés à servir d'école primaire dans ces communes.

« L'école de Saint-Agnan, dont nous avons pris les dimensions, a extérieurement 14 mètres 10 centimètres de longueur, 7 mètres de largeur ; sa hauteur est de 4 mètres, mesurée du dessus des fondations, au-dessus de la corniche. Un mur de refend divise l'espace

intérieur en deux pièces, dont l'une à 7 mètres 60 centimètres, et l'autre, 5 mètres de longueur.

« Cette maison est terminée, elle est couverte par un toit en tuiles, supporté par une charpente ordinaire.

« L'examen le plus attentif n'a pu me faire découvrir la moindre fissure dans les murs, qui ont conservé l'aplomb le plus exact.

« Ce qu'on trouve de plus remarquable à Saint-Agnan, c'est une voûte de cave en béton. Sa longueur est de 6 mètres, son ouverture de 3 mètres 10 centimètres; elle est à-peu-près en plein cintre, n'ayant que 0,20 d'épaisseur à la clef. Dans cette voûte, comme dans le reste du bâtiment, nous n'avons pu découvrir aucune trace de mouvement dans les maçonneries.

« La maison de Castel-Ferrus était en construction; il est inutile d'en donner les dimensions. Notre attention s'est portée principalement sur les matières employées et les procédés suivis.

« La chaux hydraulique dont on faisait usage, venait des fours de la Bourgade, le sable et le caillou du lit de la Garonne.

« On suivait pour l'extinction de la chaux, la confection des mortiers, et la manipulation du béton, les meilleurs procédés. M. Lebrun en a puisé les principes dans les ouvrages de M. l'ingénieur en chef Vicat, dont les découvertes ont rendu de si grands services à

(103)

l'art des constructions. Ceux que M. Lebrun aura rendus, en popularisant l'emploi du béton, sont dignes de fixer l'attention de l'administration; il aura le mérite d'avoir fait connaître et répandu dans le département une méthode économique, qui trouvera dans un grand nombre de localités, un emploi utile dans les constructions communales et dans les constructions rurales; et ce service doit lui valoir la bienveillance et les encouragemens de l'administration.

« Je suis avec respect,

« Monsieur le Préfet,

« Votre très-humble et très-obéissant serviteur,

L'Ingénieur en chef,

« ABRIAL.

Les avantages que l'on rencontre à préférer la maçonnerie de béton à celle de briques, consistent en ce que : 1^o la maçonnerie de béton employée dans les constructions souterraines a une supériorité très-grande sur celle en briques, à raison du salpêtre qui ronge et détruit celle-ci, tandis qu'il ne peut produire la moindre altération sur le béton; au contraire, les

causes qui amènent la destruction des briques sont favorables à la bonté des hétons ; 2^e employée dans les fondations, les voûtes et les murs, la maçonnerie de béton a l'avantage de l'incompressibilité sur toute autre espèce de maçonnerie ; il ne peut dès-lors y avoir de tassements partiels et inégaux, que l'on remarque très-souvent dans les édifices, et qui en compromettent à chaque instant la solidité et la durée ; 3^e considérée sous le rapport du prix de construction, la différence est encore à l'avantage de la maçonnerie de béton ; à Gaillac, par exemple, où le prix de la maçonnerie de briques est fixé au devis de l'entreprise, à 16 f. 08 c., celui du béton employé aux fondations n'est que de 6 f. 85 c., et celui de la voûte de cave, que de 10 f. 19 c. Il y a donc avantage sous le rapport de la solidité, et économie, en ce qui concerne la dépense de construction, à préférer la maçonnerie de béton à celle de briques.

CHAPITRE V.

APPLICATIONS DIVERSES DU BÉTON.

ARTICLE I^e.

PONTS.

Un puissant intérêt d'économie se rattache à cette question : savoir, si le béton peut remplacer avec

avantage toute autre espèce de maçonnerie, dans la construction des culées, des piles et des voûtes de ponts de toutes les dimensions? Cette importante et difficile question est peut-être au-dessus de mes connaissances architectoniques; sa solution serait plus particulièrement réservée aux talents de messieurs les ingénieurs des ponts-et-chaussées, ou de toutes personnes qui s'occupent spécialement de l'art de bâtir. Néanmoins, mon opinion quelle qu'elle soit, n'aurait-elle d'autre mérite que celui de soulever cette question, qui a attiré déjà l'attention de plusieurs ingénieurs des ponts-et-chaussées, est utile au moins, pour démontrer l'absurdité de cette proposition.

Les matériaux les plus durs et les plus résistans, sont sans contredit les plus propres à la confection des ponts; dans chaque contrée, leur choix captive toute l'attention des auteurs des projets de cette espèce. Tous les pays ne sont pas également favorisés par la nature; dans plusieurs contrées, les pierres de taille sont en abondance, et malgré cela, les prix des constructions sont très élevés; dans d'autres, où les pierres de taille sont plus rares, on les exécute en maçonnerie de moellons; ailleurs enfin, et c'est dans un grand nombre de localités de nos contrées méridionales, la brique seule est destinée à la construction de ces ouvrages.

Malgré que toutes les probabilités de réussite soient en faveur de l'emploi du béton, on peut objecter avec

raison, que l'expérience n'a ayant encore rien constaté à cet égard, il serait peut-être dangereux de se hasarder dans une entreprise de cette nature.

Il existe cependant des ponts construits en béton; on lit dans une note du *Traité sur les mortiers* de M. Rau-court, page 296, que le pont de Lladonet, à 6 lieues de Barcelonne, composé de deux rangs d'arcades placés l'un sur l'autre, est entièrement construit en maçonnerie de blocailles. Ce pont, que la rupture d'une des arches inférieures avait fait abandonner pour avoir trop précipité sa construction, fut repris et fut élevé à 150 pieds de hauteur, sur une longueur de 7 à 800, avec un plein succès, par M. de Bétancourt. La maçonnerie en fut massivée, et l'on ne permit le passage des voitures que deux années après sa construction.

Mais de ce què l'expérience n'a pas encore amené la solution de ce problème dans nos contrées, s'ensuivrait-il qu'il faudrait renoncer à l'entreprendre? N'est-ce pas d'après des expériences faites, que l'on a adopté le système de ponts en fer ou en fil de fer, suspendus? N'est-on pas même obligé de soumettre à des épreuves ces ponts terminés, et de renouveler pour chacun d'eux les mêmes expériences de pression? Eh bien, pourquoi ne ferait-on pas des expériences en grand, sur la résistance des bétons employés à la construction des culées, des piles et des voûtes de ponts. Les expériences pour la construction de la voûte de la grande

cave de Gaillac, dont j'ai déjà parlé, ont été faites sous ma responsabilité personnelle, et certes, si je n'avais pas trouvé un plein succès au bout de cette épreuve, il est incontestable que la reconstruction de cet ouvrage eût été commandée à mes frais et dépens, et que je hasardais aux chances d'une réussite, une réputation naissante, que j'ai intérêt à conserver. J'ai depuis lors, employé le béton à la construction des murs, des voûtes, et j'ai toujours parfaitement réussi.

J'ai pensé qu'il serait peut-être intéressant de rapporter ici un extrait des documens officiels, mémoires et rapports intervenus sur une proposition faite au gouvernement en 1831, par un concessionnaire, de construire à ses frais, risques et périls, en maçonnerie de béton, les culées, les piles et les voûtes d'un pont à trois arches, d'une ouverture totale de 67 mètres; celle du milieu de 23 mètres, et les deux autres, 22 mètres chacune. Je me bornerai, par égard pour l'opinion personnelle de M. l'Ingénieur en chef, consulté dans cette affaire, et qui a été en partie la cause du rejet de cette proposition, à mentionner sommairement les faits tels qu'ils se sont passés, et à faire connaître la décision de l'autorité supérieure.

En exécution des conditions du cahier des charges de son entreprise, le concessionnaire remit à M. le Préfet du département dans lequel ce pont devait être construit, un projet complet, accompagné d'un mémoire explicatif du système de construction proposé.

Ce projet fut renvoyé à M. l'Ingénieur en chef, pour avoir son avis ; celui-ci, vu l'importance de la question, crut devoir consulter MM. les Ingénieurs ordinaires employés sous ses ordres, et il déclara dans son rapport, que *le résumé des opinions de ces messieurs, était que pour avoir confiance dans la nouvelle méthode de construction, il faudrait avoir des expériences en grand, qui pussent donner la limite de la résistance et de l'écartement dont le massif de béton est capable.* » Nous verrons plus loin, si ces opinions ont été fidèlement rapportées par M. l'Ingénieur en chef.

Les objections principales de M. l'Ingénieur en chef se réduisent à quelques questions, que je crois devoir soumettre à l'examen et à l'étude des hommes instruits. « Je lui demanderai d'abord, dit-il, (en s'adressant au concessionnaire) si dans des masses aussi considérables, il peut être certain d'avoir toujours des matières absolument homogènes et constamment fabriquées de même manière, afin de parvenir à la liaison parfaite qu'il croit pouvoir atteindre ? Je lui demanderai si les mouvements inévitables du décintrement n'entraîneraient pas des ruptures à la *naissance* des voûtes ? car, d'après l'expérience, il faudrait deux ans pour obtenir une cohésion et une dessiccation totale des masses, sans lesquelles il ne peut y avoir de solidité réelle. Je lui demanderai enfin, si après que les voûtes auront subi l'épreuve du décintrement, elles n'auront rien à craindre des fortes vibrations causées par les

voitures, et si les forces vives, sans cesse reproduites par le roulage, n'entraîneront pas des effets capables d'altérer l'économie du système? Les maçonneries de nos ponts, construites sur des rayons et avec des joints déterminés, ont une espèce d'élasticité qui rend l'influence des pressions moins sensible. Ici cet effet appuiera de tout son poids sur une masse incompressible, et si quelque partie se trouve faible, elle sera rompue. Cet inconvénient est d'autant plus à craindre, que dans la complication des forces de pression supérieure, résultant du passage des fortes voitures, et de pression horizontale qui se manifeste par suite des masses immenses d'eau des grandes crues, nous voyons nos ponts soumis à des vibrations plus ou moins sensibles, selon l'intensité ou la violence des eaux qui se précipitent sous les arches avec une inexprimable rapidité. »

Les questions adressées au concessionnaire par M. l'Ingénieur en chef, résument en peu de mots le long rapport qu'il adressa à l'autorité supérieure, et dans lequel il conclut au rejet de la proposition. Les gens de l'art apprécieront, je l'espère, le mérite de ces objections, que je ne chercherai pas à rétorquer ici, mais sur lesquelles je me permettrai les observations suivantes :

1° Le béton, mieux que toute autre espèce de maçonnerie, est capable d'atteindre le degré d'homogénéité qui constitue les bonnes maçonneries. Les chaux,

les sables et les graviers peuvent être constamment de même nature; il est facile, au moyen de la mesure, d'obtenir des proportions toujours exactes et en rapport avec l'espèce des ouvrages; quant aux règles prescrites pour la manipulation et l'emploi des bétons, il est encore aisément de ne point s'en écarter.

2° Les mouvements inévitables du décintrement ne seront pas plus sensibles dans les voûtes en béton, que dans celles en toute autre espèce de maçonnerie; j'ose même croire, d'après l'expérience faite sur la voûte de Gaillac, dont j'ai déjà parlé, que ces mouvements seront à-peu-près nuls, si l'on a le soin de n'enlever les cintres que lorsque les bétons auront atteint le degré de consistance nécessaire. On conçoit aisément que ces mouvements sont inévitables dans les voûtes en pierres de taille, en briques ou en moellons, dans lesquelles l'homogénéité peut ne pas être parfaite, à raison de la nature des pierres, du degré de cuisson des briques, ou du système d'arrangement des matériaux; mais il ne serait pas convenable, pour peu que l'on ait étudié les propriétés des bétons, d'admettre cette supposition pour les voûtes en béton, dans lesquelles l'arrangement des matériaux n'étant pas régulier, il n'existe pas de joints qui puissent être soumis aux pressions qui amènent ces mouvements. Ici, la masse entière de la voûte formera un corps compacte, absolument homogène, incompressible, et dont la poussée sera à-peu-près sans effet sensible.

« Une voûte sera d'autant mieux faite , dit M. Borguis , que sa masse aura plus de cohérence et de continuité . Nous avons vu qu'une voûte en moellons ou en briques , formée avec une abondante quantité de mortier , acquerrait ordinairement , au bout de six mois , une telle consistance , qu'elle ne formait plus qu'une seule pièce , exempte de poussée . *Cet effet est encore plus prompt et plus certain pour les voûtes en béton.* Les voûtes en pierre de taille ne peuvent acquérir , à l'aide du mortier , une aussi grande adhérence et continuité dans toute leur masse ; mais les anciens y suppléaient par des crampons et par des tenons , ainsi que nous l'avons indiqué précédemment . »

A cause de la promptitude avec laquelle une voûte en béton peut être exécutée , je ne doute pas , quelle que soit son importance , que confectionnée dans le printemps , on ne puisse enlever le cintre avant l'hiver de la même année .

Quant aux ruptures que l'on nous dit avoir leur effet à la naissance des voûtes , l'expérience et la théorie nous indiquent qu'elles se manifestent ordinairement , dans le cas le plus défavorable , vers le tiers de la demi-voûte . Delahire (1) a reconnu que les voûtes en plein cintre se rompent vers le milieu de la demi-voûte , c'est-à-dire à 45 degrés au-dessus de la naissance de la voûte , et que pour les voûtes sur-bais-

(1) Mémoires de l'Académie des sciences , année 1812 .

sées au tiers, et formées de trois arcs de 60 degrés chacun, le point de rupture a lieu à la jonction des arcs Perronet (1) a trouvé, au moyen d'expériences faites en grand sur les arches des ponts de Nogent et de Neuilly, la position du point de rupture; il observa au pont de Nogent, que le point de rupture devait se trouver vers le tiers de la demi-vôûte; et au pont de Neuilly, qu'il devait avoir lieu un peu au-dessous de la demi-vôûte. Je me dispenserai de citer les opinions d'autres savans, qui font autorité en matière de construction; celles que je viens de rapporter suffiront, je l'espère, pour démontrer *que les mouvements inévitables du décintrement n'entraîneront pas des ruptures à la naissance des voûtes.*

3^e Enfin, M. l'Ingénieur en chef redoute pour les voûtes en béton, les fortes vibrations causées par les voitures, ainsi que les forces vives sans cesse reproduites par le roulage; et il demande si elles n'entraîneront pas des effets capables d'altérer l'économie du système? J'avoue que je ne suis pas plus habile que M. l'Ingénieur en chef à résoudre cette question; je ferai observer néanmoins, que je ne pense pas que l'influence de ces efforts, pas plus que de ceux des pressions, puisse être funeste aux voûtes en béton, tandis qu'elle serait inaperçue dans les voûtes en

(1) Mémoire sur le cintrement et le décintrement des ponts. 22 avril 1773.

pierres de taille, en briques ou en moellons. Si le béton a la propriété d'être incompressible, comme je le pense, et ainsi que le dit M. l'Ingénieur en chef, il résistera donc parfaitement à l'influence des pressions, et, à raison de sa stabilité, il n'éprouvera pas d'accidens par le fait de la complication des forces horizontales manifestées par les grandes crues; la masse entière du pont pourrait être emportée par les eaux, et ne serait pas divisée, ainsi que cela a lieu lorsque ces ouvrages sont détruits par quelque grande crue. Il résulterait de cette assertion qu'une voûte *monolithe* ne serait pas solide, parce qu'elle ne jouirait pas de la propriété d'élasticité que l'on nous dit être une condition nécessaire à la solidité des ponts.

Examinons maintenant quelle a été l'opinion de messieurs les ingénieurs consultés par M. l'ingénieur en chef.

D'abord, M. G., ingénieur ordinaire à C., dans son rapport du 2 décembre 1831, s'exprime ainsi en parlant des expériences citées par le concessionnaire. « L'expérience du sieur N., montre donc que le béton de ce pays est capable d'une résistance qui ferait *au moins* équilibre à la pression qu'il aura à supporter.

« Je dis *au moins*, pour deux motifs; le premier, c'est qu'en faisant le calcul de la pression supportée par le béton du sieur N., j'ai négligé la *cohésion*, et que cette force, s'il m'était possible de la

(14)

prendre en considération, influerait sur les résultats d'une manière favorable au système du sieur N. . . .

« Le deuxième, c'est que la résistance offerte par le béton employé dans l'expérience ici citée, n'est point la limite de la résistance que le béton peut offrir. Peut-être est-il capable de supporter, sans s'écraser, des charges cinq ou six fois plus considérables. Il est à regretter que le sieur N. . . . n'ait pas poussé l'épreuve jusqu'à rupture complète de sa voûte (1); il eût ainsi dissipé toute incertitude, et il eût alors été possible d'avoir comme lui une confiance absolue dans la réussite de son système de construction, ou de lui montrer en quoi il peut offrir des inconvénients.

« Quoiqu'il en soit, les probabilités de réussite sont jusqu'à présent en sa faveur, et puisque l'administration trouve un particulier qui offre à ses risques et périls, d'essayer un système nouveau, qui apporterait dans l'art de bâtir, de graves changemens et d'importantes économies; MON OPINION EST QU'ELLE DOIT FAVORISER CET ESSAI, EN LAISSANT AU CONCESSIONNAIRE TOUTE LIBERTÉ POSSIBLE. »

M. C. , ingénieur en chef de navigation dans le même département, après avoir calculé les effets

(1) La voûte sur laquelle eut lieu cette expérience, étant placée dans l'intérieur d'un bâtiment déjà construit, il eût été dangereux de pousser l'épreuve jusqu'au bout, puisque la solidité des autres constructions en eût été compromise.

des expériences dont il a été témoin, et d'ailleurs ayant acquis par lui-même la preuve de la honté des bétons, à cause de l'emploi considérable qu'il a fait de cette espèce de maçonnerie, résume ainsi son opinion dans son rapport du 14 décembre 1831 : « Des expériences faites, on ne peut pas en tirer des conclusions exactes sur le degré de résistance des maçonneries de béton, appliquées à la construction des grandes voûtes ; elles sont trop imparfaites, faute par le sieur N. de n'avoir point poussé à bout son expérience, en obtenant l'écrasement de la voûte.

« Cependant elles suffisent, avec les nombreuses applications du béton aux grandes constructions qui ont été faites dans ce département, pour démontrer que les probabilités sont en faveur du système qui tendrait à employer le béton aux voûtes de grandes dimensions. »

Le projet de cette construction, appuyé des pièces sus-dites, fut envoyé à l'administration générale des ponts-et-chaussées, à Paris, à l'effet d'obtenir l'autorisation demandée par le concessionnaire. M. le Directeur général, ayant consulté le conseil général des ponts-et-chaussées, obtint une décision qu'il transmit à M. le Préfet, par la lettre ci-après transcrise :

« Paris, le 22 mai 1832.

« M. le Préfet, j'ai fait examiner par le conseil-

général des ponts-et-chaussées, la demande du sieur N....., adjudicataire du pont à construire sur L....., à, tendant à obtenir l'autorisation d'exécuter ce pont en béton, au lieu de le faire en maçonnerie, ainsi que l'exige le cahier des charges de son entreprise.

« Le conseil des ponts-et-chaussées avait été d'avis, à une faible majorité (1), de ne pas admettre cette demande; mais comme l'essai que proposait le sieur N..... était d'un grand intérêt sous le rapport de l'art, comme il ne devait rien coûter ni à l'état ni au département, comme il devait mettre au jour les avantages ou les inconveniens d'un système économique, j'avais pensé qu'il était convenable de prendre l'avis du comité de l'intérieur du conseil-d'état, sur la proposition de ce concessionnaire.

« Ce comité, considérant que, bien qu'il soit du devoir de l'administration d'accueillir et d'encourager les découvertes utiles, et que, dans la circonstance présente, le succès de l'expérience que le sieur N.... désire tenter à ses risques et périls, peut être très-profitable, puisque le bon marché de ce genre de construction mettrait beaucoup de communes à même d'établir des ponts dont elles ont besoin, a pensé qu'on devait éviter de s'abandonner avec trop de confiance à une innovation hasardeuse, et que l'autorisa-

(1) Cette majorité ne fut que d'une seule voix.

(117)

tion demandée par le sieur N. , de construire en béton le pont dont il est adjudicataire, ne pouvait lui être accordée.

« Il y a lieu d'après cet avis, d'inviter le sieur N. . . à présenter un nouveau plan dans le système du cahier des charges.

« Je remarque cependant que le conseil-général de votre département, pourrait désirer que l'on fit l'essai du système de construction en béton, et comme la route sur laquelle le pont de doit être établi est départementale, il ne peut qu'être utile de le consulter sur la proposition du sieur N. ; je vous prie de la lui communiquer dans la session prochaine, et de me faire connaître ensuite la délibération qu'il aura prise.

« Je joins ici les pièces que vous m'avez communiquées.

« Recevez, monsieur le Préfet, l'assurance de ma considération très-distinguée.

« Le conseiller-d'état, directeur-général
des ponts-et chaussées et des mines,

« *Signé* BÉRARD.

« P. S. Je viens de recevoir de M. N. une

nouvelle proposition qui aurait pour objet, tout en conservant le système de construction du pont en béton, de remédier à l'objection principale qu'on a élevée contre ce système, en établissant des voussoirs séparés par d'autres voussoirs en briques.

« Je vais faire examiner sa proposition. Je pense qu'il est toujours convenable de prendre l'avis du conseil-général de votre département, sur le mode de construction en béton. »

En vertu de l'invitation faite par M. le Directeur-général des ponts-et-chaussées à M. le Préfet, ce magistrat présenta dans la session de 1832, cette question à l'examen du conseil-général du département. Dans la séance du 2 juin, ce conseil prit à ce sujet une décision ainsi conçue :

« Le conseil-général, appelé à donner son avis sur un nouveau mode de construction proposé par le sieur, adjudicataire du pont de, sur la rivière d....., et que ce concessionnaire désirerait appliquer à cette construction, se range entièrement aux raisons si bien motivées de messieurs les ingénieurs. Toutefois le conseil voit avec regret que dans une telle entreprise, il ne lui soit pas possible de concilier la marche sage et classique de l'administration des ponts-et-chaussées, avec l'élan moins

mesuré mais plus entreprenant et quelquefois plus heureux d'un inventeur hasardeux.

« Le conseil verrait avec plaisir que l'administration supérieure pût confier à ce concessionnaire le premier travail de peu d'importance qui se présentera pour servir d'essai au mode de construction qu'il présente. »

On conçoit aisément d'après ce qui précède quelle a dû être l'issue de cette affaire; le projet a été définitivement rejeté, et la question relative à l'application de la maçonnerie en béton, à la construction des grandes voûtes de ponts, demeure encore pour nous à résoudre.

Le gouvernement ne pourrait-il pas allouer une somme quelconque, qui serait destinée à l'étude de cette importante question ; lui qui sacrifie journallement, à son insu, des sommes considérables à des épreuves basées souvent sur de fausses théories, ou dirigées par le bon vouloir ou par le caprice de certains constructeurs.

Dans la construction des ponts en béton, les maçonneries de briques ou de pierres de taille ne doivent pas être proscribes d'une manière absolue; elles sont nécessaires pour les arêtes des culées, des avant-becs des piles, pour les têtes des voûtes, les parapets, les trottoirs, les bornes et en général pour toutes les parties de ces ouvrages ayant des arêtes. Le béton résistera parfaitement aux chocs quelconques sur les parements, mais les arêtes seraient peut-être trop fa-

cilement écornées ; c'est pourquoi il importe de les construire soit en briques soit en pierres de taille, afin d'éviter ces dégradations ; et d'ailleurs les angles ainsi construits donneront plus de facilité pour l'établissement des banches qui formeront l'encaissement des massifs.

Quant aux chaînes verticales et horizontales que quelques constructeurs ont proposé d'introduire dans le massif des voûtes en béton, je pense qu'il est important de ne pas les adopter, afin de conserver à cette matière toute l'homogénéité possible.

Pour la construction des paremens des culées et des piles, on procédera comme pour les murs, en plaçant de forts madriers contre les parois, fixés à des poteaux en bois placés à 1 m. 50 c. de distance entr'eux, et reliés au moyen de liernes boulonnées. Ces madriers, placés dans le sens de leur longueur, pourront avoir une hauteur de deux assises, afin que les parois de l'assise supérieure aient le temps de faire prise, en même temps qu'on enlevera ceux de l'assise inférieure pour recommencer l'opération. Si les avant-becs des piles sont circulaires on placera les madriers debout afin que la courbe soit mieux dessinée; dans ce cas, ces madriers seront retenus au moyen de deux ou plusieurs cercles en fer, attachés à des poteaux fixés aux deux extrémités de la courbe contre la naissance des arcs.

Il sera aisément de construire les timpans des voûtes en

plaçant un ou deux poteaux sur les becs des piles, et en reliant le système de madriers avec le cintre.

En ce qui concerne les surfaces inférieures des voûtes, il faudra nécessairement que les couchis soient parfaitement jointifs, et coupés d'une largeur telle que la courbure de la voûte soit bien dessinée.

La massivation étant une des conditions essentielles à observer dans les ouvrages en béton, doit être plus rigoureusement pratiquée dans la construction des ponts. Le béton employé à l'état de première consistance, ainsi que je l'ai déjà dit, sera, pour les voûtes, déposé sur les cintres de toute l'épaisseur voulue en opérant la massivation par-dessus, et par côté selon la direction du rayon de l'arc, de telle manière que chaque assise de béton placée en même temps sur la largeur du pont entre les têtes, et des deux côtés opposés du cintre, représente un massif de voussoirs continus. Immédiatement après la confection de chaque cours de voussoirs, on placera dessus une couche de terre argileuse de 20 à 25 centimètres d'épaisseur, que l'on entretiendra à l'état d'humidité permanente, afin d'atténuer les effets d'une dessiccation trop prompte du béton. La main-d'œuvre de cette construction étant très-facile, pourra être exécutée en très-peu de temps; au reste, le système de cohésion des voussoirs entr'eux sera d'autant meilleur, que cet ouvrage sera fait plus promptement.

On observera, pour les voûtes surtout, que le béton

soit composé de chaux , de sable et de graviers de même nature et de même qualité , et toujours combiné dans les mêmes proportions. Par ce moyen, l'homogénéité sera constante et parfaite.

Si la chaux est très-hydraulique, on se dispensera d'ajouter du ciment aux bétons des voûtes ; dans le cas contraire on fera bien d'y en mêler une certaine partie , ainsi que je l'ai déjà dit en parlant des bétons.

Cette espèce de construction n'exige pas de cintres plus forts que par l'emploi de matériaux ordinaires de briques ou de pierres de taille; il y a même lieu de croire que les efforts des cintres à remonter vers le sommet , par l'effet de la charge des parties latérales de l'arc jusques au tiers de la circonference , n'auront pas lieu, ou du moins ne seront que peu sensibles, pour les maçonneries en béton , si la chaux est éminemment hydraulique. Dans ce cas , le béton faisant corps instantanément , et le massif des reins , des culées ou des piles étant élevé en même temps que la voûte , la charge sur le ciitre sera fortement atténuée par la cohésion des masses entre elles.

Il est indispensable que les cintres demeurent en place plus long-temps pour les voûtes en béton que pour celles en briques ou en pierre de taille. Pour celles-ci les cintres peuvent être enlevés presqu'aussitôt que les arches sont clavées; pour celles en briques, on attend que les mortiers des joints aient fait une prise suffisante ; mais pour les voûtes en béton , ce délai

doit être nécessairement plus long, en ayant égard néanmoins aux circonstances qui procurent des chaux plus ou moins hydrauliques, et prenant en grande considération les épaisseurs des voûtes et des reins. L'expérience devra servir de guide dans ces opérations.

Après le décintrement des ponts en briques, moellons ou pierres de taille, il s'opère presque toujours des affaissements plus ou moins sensibles, qui quelquefois rendent incorrecte la courbure des voûtes. Ces mouvements n'auront pas lieu dans les voûtes en béton, vu l'incompressibilité de cette matière; néanmoins on aura le soin de ne mettre que peu de mortier dans les joints des briques ou des pierres de taille employées aux têtes de voûtes, afin que dans ces parties l'affaissement soit nul ou peu sensible, par l'effet de la compression des joints après le décintrement.

Les avantages de ce mode de construction doivent être surtout appréciés pour les ponts à établir sur les routes vicinales. Pour donner un exemple de l'économie qui résulte de ce mode de bâtir, je citerai un projet de pont en maçonnerie de briques, de 7 m. 50 d'ouverture, et de 4 m. 00 de largeur, qui aurait coûté 4,800 francs, tandis que le devis de ce même pont construit en maçonnerie de béton ne s'est élevé qu'à la somme de 2,800 fr.

Les dimensions de toutes les parties d'un pont telles que les culées, les piles et les voûtes, doivent

être, comme dans ces sortes d'ouvrages exécutés en maçonnerie ordinaire, proportionnées au diamètre ou ouverture des arches. Ces dimensions varient aussi selon que la forme des voûtes se dessine en plein cintre, en anse de panier ou en portion d'arc de cercle. Néanmoins, je ne crains pas d'avancer que dans les ponts en béton, il serait possible de diminuer les épaisseurs ordinaires des piles et des culées, à cause de la forte cohésion de ce système de maçonnerie, qui atténue considérablement les effets de la poussée des voûtes de ce genre.

ARTICLE II.

USINES, TELLES QUE MOULINS A EAU, FORGES, FILATURES, PAPETERIES, ETC.

Lorsqu'il s'agit de l'établissement d'usines de cette espèce, il est indispensable de construire des digues ou barrages afin d'élever les eaux supérieures et de leur procurer une chute suffisante, capable d'imprimer et d'entretenir le mouvement des machines. La maçonnerie de béton est celle qui convient le mieux pour ces sortes d'ouvrages ; soit à cause de l'économie de la dépense, parce que c'est principalement dans le lit des rivières que l'on trouve en abondance les sables et les

graviers, et que de simples manœuvres peuvent suffire à la manipulation et à l'emploi des bétons; soit à cause de l'économie du temps, attendu que de toutes les espèces de maçonneries, celle en béton peut être exécutée avec le plus de promptitude; soit parce que le béton, capable de faire une prise instantanée, selon le degré d'hydraulique de la chaux, résistera avec le plus de succès aux efforts de la poussée des eaux supérieures; soit enfin, parceque cette maçonnerie, à raison de son homogénéité et de l'adhérence immédiate de toutes ses parties, contiendra parfaitement les eaux du bassin supérieur, que l'on a presque toujours tant d'intérêt à conserver, surtout aux époques où les eaux sont peu abondantes.

Il est très-important que le massif de ces digues repose sur un fonds solide; on y parvient toujours au moyen du draguage, à moins que la mobilité du sol jusqu'à une certaine profondeur, n'oblige à établir les maçonneries sur pilotis; dans ce cas, il sera prudent d'enfoncer la tête des pieux, autant que possible en contrebas de l'étiage inférieur, afin d'éviter les dégravoiemens qui pourraient avoir lieu par la chute des eaux, si toutefois on a cru devoir se dispenser de la construction d'une risberme en aval du barrage.

J'ai été témoin d'un accident survenu à une digue construite en béton, qui pour ne pas avoir été fondée solidement, demeura suspendue en forme de voûte,

sur une longueur assez considérable; soit par le fait de dégravoiemens en aval, soit parceque les attérissemens en amont n'avaient pas encore eu lieu, les eaux se frayèrent successivement un passage en dessous de la maçonnerie, à tel point que dans très-peu de temps toute l'eau du bassin s'écoula par cette ouverture.

Le massif entier d'une digue peut être construit en béton, à l'exception des arêtes du couronnement, qui seront bâties en pierres de taille ou en maçonnerie de briques. Il sera bon de prendre la précaution de recouvrir de vieilles planches clouées sur des traverses, le couronnement de la digue, afin de donner aux bétons le temps de faire prise avant de les exposer au frottement des eaux; ces planches pourront demeurer en place pendant quelques mois, c'est-à-dire, pendant un espace de temps proportionné à la qualité de la chaux, qui pourrait être plus ou moins hydraulique.

Dans les constructions de ce genre, on sera inévitablement forcé d'employer une certaine quantité de béton par immersion. On se conformera pour cette opération aux indications contenues dans le chapitre précédent; toutefois en faisant observer de nouveau que si la massivation est une opération nécessaire dans la mise en place des bétons aériens, elle est toujours contraire à la bonté de ceux employés en immersion.

Les murs de toute espèce des usines quelconques,

peuvent être construits en béton, avec autant de facilité qu'ils pourraient l'être en toute autre espèce de maçonnerie. Il résultera de l'adoption de ce système de construction, une grande économie de dépense, beaucoup plus sensible dans ces sortes d'ouvrages que dans les bâtimens ordinaires d'habitation pour lesquels on emploie souvent, par motifs d'économie, partie de briques crues mélangées avec des briques cuites, et du mortier de terre; tandis que pour les murs des bâtimens exposés au choc des eaux et des corps flottans, et en même temps soumis aux vibrations produites par le mouvement des machines, il est indispensable d'employer de la bonne maçonnerie en briques biscuits et mortier de chaux et sable. Dans le cas de construction en béton, le prix d'un mètre cube de cette maçonnerie ne reviendra moyennement qu'à 8 à 9 francs, tandis qu'une bonne maçonnerie en briques cuites ne pourra pas être faite à moins de 18 à 20 francs le mètre cube. Toutefois, on emploiera la pierre de taille ou la brique dans les angles saillants, attendu que le béton seul ne résisterait pas suffisamment au choc des corps qui tendraient à les écorner.

Les planchers et les toitures de ces bâtimens pourront être remplacés par des voûtes aussi en béton; mais on aura le soin d'augmenter d'un cinquième leur épaisseur, comparée à celle que ces voûtes devraient avoir dans toute autre circonstance, afin d'augmenter leur résistance aux efforts du mouvement des machines.

Dans les établissemens de cette espèce, on ne saurait prendre trop de précautions pour écarter autant que possible les matériaux inflammables. Les causes d'incendie sont si multipliées et si faciles à se produire dans plusieurs d'entr'eux, qu'il serait toujours avantageux de remplacer par des voûtes les planchers et les toitures, parcequ'alors on pourrait aisément éteindre un incendie dans le lieu même où il se serait manifesté, sans avoir à redouter les suites funestes d'un embrasement total de l'édifice.

ARTICLE III.

ÉDIFICES PUBLICS ET BATIMENS D'HABITATION.

On a déjà vu que j'avais fait construire en maçonnerie de béton tous les murs et les voûtes souterraines de plusieurs habitations. Des circonstances qui se rattachent à des convenances de localités, m'ont empêché de réaliser le projet que j'avais formé de faire disparaître de ces constructions toute espèce de bois des planchers et des toitures, en les remplaçant par des voûtes en béton.

Cointereaux, professeur d'architecture rurale, en 1791, avait fait, au moyen de la terre moulée, des expériences sur l'entièrre construction en pisé de maisons

d'habitation. Dans son quatrième cahier, il traite d'un *nouveau pisé de son invention*. Ce procédé, dont l'usage ne s'est pas maintenu, consistait à mouler dans des formes en madriers, de la terre préparée et massivée dans chaque case, pour en former des blocs réguliers à l'instar des blocs de libages ou de pierres de taille. Il employait ainsi, ces pierres factices d'une nouvelle espèce, à la construction des murs extérieurs et intérieurs, et aux voûtes de ces habitations. Toutefois, les cadres des portes et des fenêtres, ainsi que les soubassements des édifices étaient exécutés en maçonneries de pierres de taille qu de briques. Un extrait des procès-verbaux de la société d'agriculture de Paris, et du comité d'agriculture et du commerce de cette époque, qu'il a donné dans ce cahier, témoigne de l'intérêt que ce système de construction avait excité, en ce qu'il était essentiellement économique et que l'on n'avait pas à redouter l'extension du terrible fléau de l'incendie. *La construction dont nous rendons compte, est-il dit dans ce rapport, a le grand mérite d'être incombustible; l'habitant n'a qu'à se garantir de sa propre négligence et des imprudences.*

L'usage de bâtir en pisé était autrefois plus répandu que de nos jours; il s'est maintenu dans quelques départemens du Lyonnais et du Dauphinois, mais on ne l'applique qu'à des bâtimens de peu d'importance. Dans nos contrées, on en trouve parfois, mais rarement employés à l'habitation des hommes.

L'emploi du béton dans la construction des bâtimens de toute espèce, n'est pas à beaucoup près aussi économique que le pisé; la main-d'œuvre n'en est pas plus dispendieuse, il n'y a que la chaux et les graviers qui dans certaines localités sont d'un prix élevé; mais cette espèce de maçonnerie sera toujours d'un prix très-inférieur à celles de pierre de taille et de briques; il y aura d'ailleurs avantage à la préférer à celles-ci pour certaines parties des constructions, telles que les voûtes.

Les mêmes motifs qui avaient déterminé les études de M. Cointereaux sur le pisé, relativement à l'incombustibilité des habitations, se reproduisent par analogie dans le système que je propose. Beaucoup de personnes reconnaîtront sans doute que le béton doit résister bien mieux que le pisé aux intempéries des saisons et aux effets d'un incendie survenu dans une habitation. Au moyen de cette espèce de maçonnerie, on peut aisément remplacer par des voûtes, les planchers et les toitures des habitations, et faciliter alors l'extinction d'un incendie dans son foyer.

Le béton ayant la propriété d'être incompressible et de ne former qu'un seul massif, après avoir fait une prise suffisante, on conçoit aisément que les voûtes construites avec cette matière seront exemptes de poussée, et que dès-lors, les murs peuvent n'avoir que des épaisseurs communes, telles que celles don-

nées aux murs qui supportent des planchers et des toitures ordinaires.

Avant d'aller plus loin sur ce sujet, il est important de faire observer que des voûtes en béton doivent nécessairement être supportées par des murs aussi construits en béton, afin qu'il y ait homogénéité complète dans les masses. Il arriverait sans doute, si ces murs étaient construits en maçonnerie de briques, de moellons ou de pierres de taille, qu'ils éprouveraient des tassemens irréguliers par le retrait des mortiers placés dans les lits et les joints, et pourraient compromettre la solidité des voûtes; il se manifesterait alors des déchiremens et des lézardes qu'il serait bien difficile de réparer. La condition d'un bon établissement de fondations, si nécessaire dans les édifices quelconques, n'importe avec quels matériaux ils soient construits, doit être plus sévèrement observée dans les ouvrages construits en béton; car sans cette précaution, il pourrait y avoir déchirement dans la masse et destruction du principe de stabilité.

Les voûtes en béton peuvent être construites de la même manière que les voûtes en matériaux ordinaires, en berceau, à arêtes ou en arcs de cloîtres; les cintres en bois seront construits selon l'usage, en observant néanmoins que les planches des couchis soient bien jointives et travaillées en dessus, afin qu'après le décintrement, la courbure de l'arc soit plus correcte et sans bavures. Il n'est pas indispensable que la

courbure de ces voûtes soit en plein cintre; elle peut être très-surbaissé, en anse de panier ou en portions d'arc, au gré d'un chacun, ou selon les convenances des emplacement. Une voûte en berceau de 6 mètres de corde, par exemple, peut être construite en ne donnant que 0,80 ou 1 m. 00 de flèche seulement; quant à son épaisseur au sommet, en la fixant à 40 c., cette voûte aura une force suffisante pour résister sans crainte pour sa solidité, à des charges de 1,000 à 1,200 kilogrammes par mètre carré. Les reins de ces voûtes seront arrasés; aussi en béton, de niveau avec l'intrados; et autant que faire se pourra, elles seront bâties au fur et à mesure de la construction des murs, afin que la liaison soit plus parfaite, et que les mortiers des murs et des voûtes fassent une prise instantanée.

Dans les voûtes des grands édifices tels que les églises, les salles de grandes dimensions, on pratique quelquefois des caissons ou autres compartimens, qui deviennent très-dispendieux lorsqu'on emploie la pierre de taille; les teintes des pierres varient à l'infini avec le temps, et produisent un effet désagréable; et d'ailleurs ces sortes de voûtes ne se prêtent point aux peintures à fresque, qui enrichissent d'une manière si brillante les édifices italiens. Le béton se prêtera facilement au dessin de toute espèce de décors; il suffira de modeler sur le cintre les compartimens ou les caissons que l'on voudra y figurer, et qui seront fidèle-

ment reproduits après le décintrement. Cette espèce de maçonnerie , recouverte d'un enduit , conserve parfaitement toute espèce de peinture dont on voudrait la décorer.

Nous avons déjà vu que les Romains avaient employé le béton pour former les voûtes de leurs grands édifices. Il est donc possible de nos jours avec de bons matériaux , bien manipulés et employés convenablement , d'imiter de si beaux exemples. Les toitures de nos édifices publics et particuliers peuvent donc être remplacées par des voûtes de cette nouvelle espèce. La courbure de l'extrados de ces voûtes devra être telle qu'elle puisse faciliter l'écoulement des eaux pluviales : on aura le soin alors d'exhausser les murs qui soutiennent la voûte, jusqu'au tiers environ de la longueur de la flèche de l'arc, afin de consolider les naisances. Il sera bon de passer sur ces voûtes quelques couches de peinture à l'huile; on procurera de l'agrément à cette nouvelle espèce de toiture en donnant à la dernière couche une couleur imitant celle de l'ardoise.

Lorsque les constructions de cette nature seront exécutées pendant les chaleurs , on aura le soin d'arroser les maçonneries souvent dans la journée, afin que la dessiccation soit moins rapide ainsi que je l'ai déjà fait observer. J'ai remarqué tout récemment que des parties de murs que l'on avait eu le soin d'arroser avaient fait une prise beaucoup plus forte que d'autres, exécutées en même temps, avec du

béton pris dans le même tas, mais pour lequel l'arro-sage avait été négligé.

On conçoit déjà que par la combinaison et le système de construction de ces voûtes on pourra facilement orner nos maisons de terrasses quelquesfois très-utiles et qui décorent si agréablement les habitations italiennes.

Beaucoup de constructeurs et même des architectes commettent une faute grave dans la construction des murs des bâtiments à plusieurs étages. Les uns se contentent à la routine, les autres ignorent les lois de la statique sur lesquelles sont basés les principes de stabilité des édifices. Il ne sera pas inutile sans doute de signaler ce vice et d'indiquer les moyens de le voir disparaître, dans l'intérêt des ouvrages.

L'usage généralement admis par certains constructeurs consiste à éléver les murs de face, à plusieurs étages, en opérant des retraites successives à la hauteur de chaque plancher du côté de l'intérieur, et en conservant extérieurement une ligne perpendiculaire à la base sur toute la hauteur des murs. D'après cette méthode vicieuse, le centre de gravité se trouve déplacé à la hauteur de chaque étage, de telle manière qu'à un troisième étage, par exemple, la ligne de direction de ce centre de gravité, correspondante à chaque étage, se trouve en surplomb, et peut altérer la solidité du mur, si au moyen d'armatures en fer, la charpente des planchers ne les retient dans leur chute.

Supposons à cet effet un mur de face élevé à trois étages, ayant 0,70 c. d'épaisseur au rez-de-chaussée, 0,60 c. au premier étage, 0,50 c. au deuxième, et 0,40 au troisième ; le centre de gravité de ce mur à sa base se trouve placé à 0,35 c. de distance de la ligne verticale de face ; au premier étage il ne se trouvera qu'à 0,30 c. ; au deuxième à 0,25, et au troisième enfin il ne sera plus qu'à 0,20 ; ce qui fait qu'au sommet, où repose la toiture, ce mur se trouve en surplomb de la moitié de son épaisseur, comparativement à la ligne verticale du centre de gravité sur sa base. On conçoit déjà combien est vicieuse cette méthode de bâtir, puisqu'elle compromet la solidité des murs de face ; c'est pour cela sans doute aussi que l'on voit beaucoup de ces murs en surplomb, ou bouclés vers le milieu de leur élévation. Ce défaut est surtout remarquable lorsqu'on bâtit à côté un mur nouveau.

Des motifs d'économie sont presque toujours le principe et la cause de ces erreurs. S'il était possible de diviser en deux parties ces retraites sur les deux faces des murs, comme cela peut avoir lieu pour les murs de refend intérieurs, alors la ligne de gravité pourrait être verticale et la solidité du mur assurée ; mais cela n'est guère possible pour les murs de face, dans les villes surtout, où ces murs doivent être élevés d'aplomb sur toute leur hauteur. Le moyen de remédier à cet inconvénient, consiste à donner à ces murs une épaisseur constante depuis la base jusqu'au sommet ; cette

épaisseur devra être moyenne à celle que l'on aurait donnée à toutes les parties des murs des étages superposés. Ainsi, dans l'exemple que j'ai cité, cette épaisseur se trouverait réduite à 0,55 c.; alors la dépense serait la même, attendu qu'il ne faudrait pas plus de matériaux dans un cas que dans l'autre, et la solidité du mur serait mieux assurée, puisqu'elle serait établie d'après les lois de la statique.

La maçonnerie de béton convient particulièrement à la construction des murs et des voûtes des Prisons, des Cabanons et autres locaux de sûreté, qu'il importe de bâtir avec de bonnes maçonneries, afin d'éviter que ces ouvrages puissent être facilement démolis. Dans les maçonneries de briques et de moellons, par exemple, il suffit que l'on soit parvenu à enlever un ou deux de ces matériaux, pour que dans peu de temps et sans difficulté on puisse pratiquer une large ouverture. Il n'en sera pas de même pour les murs en béton; ici chaque particule de graviers exigera un travail long et soutenu, à cause de la forte cohésion des matières; et lors même que l'on serait parvenu à faire une petite ouverture, il n'en serait pas plus aisément de l'agrandir, puisque les graviers et les cailloux ne pourraient pas en être plus facilement détachés.

L'exemple des Romains peut être imité de nos jours; ils employaient la maçonnerie de béton pour former les voûtes de leurs grands édifices, tels que les naumachies, les thermes, les amphithéâtres, etc.; quelques-unes de

ces voûtes avaient de 20 à 25 m. de diamètre. Rien ne s'oppose à ce que ces systèmes de maçonnerie soit employé à la construction des voûtes de nos temples, de nos églises et des grandes salles ; les édifices de ce genre sont très-souvent recouverts de voûtes en berceau ou d'arêtes , indépendamment des toitures ordinaires qui les abritent. Par l'emploi du béton on obtiendra une grande économie ; puisqu'une voûte en béton ne coûtera pas plus cher qu'une voûte en matériaux ordinaires , et que de plus on pourra se dispenser des frais énormes occasionnés par la construction des toitures. A cet effet , la partie supérieure d'une voûte de cette espèce sera disposée de manière à permettre l'écoulement des eaux pluviales ; elle sera enduite en mortier fin , dans lequel on aura ajouté une partie de ciment , et ensuite peinte à l'huile en trois couches , de la couleur de l'ardoise.

On ne doit pas perdre de vue ce que j'ai déjà dit , que les voûtes en béton doivent être supportées par des murs en béton , afin d'éviter les ruptures qui auraient lieu , si les murs étaient nouvellement construits en maçonnerie de briques ou de moellons , à cause des tassements inévitables qui se manifestent ordinairement dans ces sortes de maçonneries. Il est inutile sans doute de faire observer que les fondations doivent être assises sur une base incompressible , car tel est le principe de solidité des constructions de toute espèce.

ARTICLE IV.

FOSSES D' AISANCE ET AQUEDUCS.

L'espèce de maçonnerie à employer dans la construction des fosses d'aisance, doit être telle qu'elle puisse garantir les terres environnantes des infiltrations des matières liquides, qui se répandent quelquefois dans les caves et les puits. La maçonnerie de béton me paraît être la plus sûre pour éviter ces inconvénients.

Dans les établissements publics tels que les colléges, les séminaires, les hôpitaux, les prisons, où les fosses ont ordinairement une grande capacité, il sera plus important d'employer le béton, parcequ'à raison de l'abondance des matières, la pression sera plus grande, et que dès-lors les infiltrations seraient plus faciles.

Lorsque les dimensions des fosses le permettront, on pourra modeler la terre à déblayer selon la courbure à donner à la voûte, en remplacement du cintre; on procédera alors comme je l'ai fait pour la voûte de la cave de Gaillac, dont j'ai déjà parlé. On déblayera les terres des murs du pourtour de la fosse jusqu'à la profondeur voulue, en même temps que l'on modèlera la terre destinée à recevoir la maçonnerie de la voûte. Cela fait, on déposera le béton dans les tranchées, en ayant le soin de le bien massiver au moyen

de pilons ou battoirs; le béton pour la voûte sera déposé sur son cintre naturel en laissant des ouvertures pour chaque siège des lieux ainsi qu'une autre beaucoup plus grande pour la vidange des matières. C'est par cette dernière ouverture que l'on pourra ensuite, et lorsque les bétons auront fait une prise suffisante, enlever les terres de l'intérieur de la fosse qui auront servi de cintre pour la voûte. Après l'enlèvement de ces terres on construira aussi en béton, au fond de la fosse, un massif de 25 à 30 cent. d'épaisseur, qui comprendra toute la superficie intérieure. On combinera les différentes épaisseurs des murs de pourtour et des voûtes, avec les dimensions de chaque fosse.

Dans plusieurs villes, la vidange des matières des lieux d'aisance s'opère naturellement au moyen des aqueducs construits sous le pavé des rues, qui débouchent dans des rivières ou ruisseaux. L'intérêt de la salubrité publique devrait s'opposer au maintien de cette coutume; d'une part les eaux sont viciées par les matières qu'elles délayent; et d'autre part s'il survient des engorgemens dans les aqueducs (ce qui ne peut manquer d'arriver très-souvent), les habitations des quartiers dans lesquels les ouvrages ont lieu, sont infectées par les miasmes putrides qui s'échappent de l'ouverture de ces conduits, et la circulation demeure interrompue pendant le temps de ces réparations. Quelquefois aussi les pied-droits de ces conduits étant perméables à raison de leur mauvaise construction, les

matières se répandent dans les caves où elles portent l'infection. J'indiquerai encore le béton comme très-propre à éviter ces infiltrations et à assurer pour toujours la solidité des ouvrages de cette espèce.

ARTICLE V.

CUVES VINAIRES.

Le mode de construction en maçonnerie des cuves vinaires n'est pas nouveau ; depuis long-temps cette méthode est en usage dans le bas Languedoc ; les environs de Toulouse en possèdent aussi quelques-unes. Ces cuves sont construites en pierres de taille, ou en maçonnerie de briques ; on en trouve très-peu où l'on ait employé quelques parties de béton. De toutes ces espèces de maçonnerie, on doit accorder la préférence à cette dernière, qui conviendra le mieux pour rendre imperméable le vase destiné à renfermer la vendange et le vin.

Les cuves en béton ont sur celles en bois le double avantage d'être beaucoup plus économiques, et de remédier à des inconvénients fâcheux résultant de la fermentation de la vendange.

En ce qui concerne l'économie, prenons pour exemple une cuve contenant 180 hectolitres ; elle coûtera construite en bois, d'après la forme adoptée, environ

1,000 fr.; une cuve de même capacité, construite en béton dans un pays où la chaux hydraulique serait d'un prix modéré, et où les graviers, les cailloux et le sable ne seraient pas très-rares, ne reviendrait guère qu'au prix de 400 fr.; il y a donc une économie de six dixièmes, en faveur du système de construction en béton. Quant au deuxième avantage qui doit résulter de l'adoption de cette méthode, il est évident que la vendange ou le vin déposés dans ces cuves ne contracteront pas de mauvais goût provenant du vase. Les cuves en bois exigent des soins et un entretien minutieux, qui quelquefois occasionnent des dépenses considérables; celles en béton au contraire, lorsqu'elles seront bien construites, n'exposeront à aucun frais d'entretien, et pourront durer des siècles dans un état de solidité toujours progressif.

D'un autre côté, les cuves en bois sont ordinairement coniques; cette forme a été adoptée, sans doute, pour que les cercles en bois qui les entourent contribuent par leur propre poids à serrer constamment les douves placées tangentiellellement à deux circonférences dont la plus développée est à la base de la cuve et la plus courte au sommet. Il résulte nécessairement de cette disposition, que lorsque la vendange a fait un affaissement par l'effet de la fermentation, il se forme une couronne de vide qui met le vin en communication avec l'air extérieur, et lui procure un goût aigre qu'il n'est très-souvent plus possible de lui en-

lever. Cela dépend, comme on le conçoit aisément, de ce que au sommet, le diamètre de la cuve étant plus court qu'à la base, au fur et à mesure de son affaissement, la vendange n'est plus en contact avec les parois du vase. Cet inconvénient, auquel les propriétaires doivent faire la plus grande attention, m'a été signalé par un riche propriétaire de vignes des environs de Gaillac.

On évitera les accidens que je viens de signaler, au moyen de la construction des cuves en béton ; il sera alors facile de leur donner un diamètre égal sur toute leur hauteur, ou mieux encore de les construire en sens inverse des cuves en bois, en placant à la base le diamètre le plus petit et le plus grand au sommet, et en donnant par ce moyen aux murs de pourtour un léger fruit en dedans et en dehors de la cuve.

M. le chevalier Astier, de Toulouse, pense que pour obtenir des avantages dans la fabrication du vin, il est indispensable d'opérer la fermentation en vase clos, en réservant toutefois une étroite ouverture au couvercle de la cuve pour permettre le dégagement de l'acide carbonique (1).

D'après cela, la partie supérieure de la cuve devrait être recouverte d'une voûte aussi en béton, en lais-

(1) Proposition au Congrès méridional, tenu à Toulouse, session de 1834, page 113 du rapport historique.

sant au milieu une ouverture de 70 à 80 centimètres de diamètre pour l'introduction de la vendange. Alors au moyen d'un châssis en charpente et d'une fermeture en bois, il serait facile de clore hermétiquement le vase, et de permettre le dégagement de l'acide carbonique par plusieurs trous pratiqués dans cette fermeture.

Toutes les parties d'une cuve seraient entièrement construites en béton, d'après les procédés que j'ai déjà indiqués. L'aire du fond, légèrement inclinée du côté du robinet placé en avant à l'extrémité d'un tuyau traversant le mur, faciliterait la complète évacuation du liquide.

Les surfaces extérieures et intérieures d'une cuve ainsi construite, seraient crépies et enduites avec du bon mortier, auquel on ajouterait une partie de ciment, en supprimant une égale partie de sable, afin que cet enduit soit plus lisse, plus uni et en même temps plus solide.

ARTICLE VI.

CITERNES.

L'abbé Rozier a dit dans son Dictionnaire d'Agriculture, que de toutes les manières de construire une

citerne, la meilleure, c'est-à-dire la plus économique, la plus expéditive et la plus sûre est en béton.

Quelques notions sur les avantages des citernes trouveront ici leur place. Écoutons le langage de M. de Perthuis, dans son *Traité d'Architecture rurale* :

« Lorsqu'une localité se refuse absolument à la construction des puits, soit par sa position trop élevée ou trop éloignée des hauteurs dominantes, soit par la nature de son sol, il n'y a plus d'autre ressource pour s'y procurer de l'eau, que celle de réunir dans un réservoir souterrain et voûté, les eaux pluviales qui s'égouttent des toits des bâtimens, ou même qui se versent des coteaux dans les vallons; ce réservoir s'appelle alors une *citerne*.

« La construction des citernes exige beaucoup de soins et de précautions, et devient nécessairement dispendieuse. C'est pourquoi l'on trouve encore tant de localités qui n'en ont point, et où cet établissement serait indispensable, pour préserver leurs habitans des maladies annuelles auxquelles les exposent la privation de l'eau, ou l'usage habituel d'eaux malsaines.

« Une citerne doit être enfoncée en terre comme une cave, tenir parfaitement l'eau, et la conserver potable au moins autant de temps que peuvent durer localement les plus longues sécheresses de l'année. L'eau de citerne est d'ailleurs regardée comme la boisson la plus saine pour les hommes et pour les ani-

maux, lorsqu'on a l'attention de n'y pas introduire celles des premières pluies qui tombent après une longue sécheresse, ou pendant un orage, parce qu'en traversant l'atmosphère, elles s'imprègnent des exhalaisons de la terre, élevées et suspendues dans cette atmosphère. Les meilleures eaux sont celles que l'on recueille des toits au printemps et à l'automne; et dans l'été, celles des pluies qui succèdent aux orages, parce qu'alors l'atmosphère est épurée, les toits des maisons sont lavés, et toutes les ordures accumulées dans les tuyaux, et les chanées sont entraînées.»

La propriété principale d'une bonne citerne étant de bien conserver l'eau, cette condition sera parfaitement remplie par la maçonnerie de béton, ainsi que l'a dit l'abbé Rozier. Elle sera voûtée, afin d'éviter que l'eau ne s'y gèle en hiver et qu'elle ne s'échauffe trop en été; l'eau s'y conservera beaucoup mieux si l'on a l'attention de lui donner le plus de profondeur qu'il sera possible.

La forme à donner à une citerne n'est pas soumise à des règles particulières, celle oblongue sera adoptée de préférence, parce qu'elle sera plus aisée à exécuter en maçonnerie de béton. La voûte sera alors construite en berceau, ayant au sommet l'ouverture pour le puisage des eaux.

« Quoiqu'il en soit, dit encore M. de Perthuis, les dimensions d'une citerne doivent être calculées sur la consommation présumée du ménage. Il vaut mieux

cependant que la citerne soit de beaucoup trop grande que trop juste pour ses besoins. Voici le point de fait dont on peut partir pour déterminer la quantité d'eau qu'elle doit contenir.

« Il est reconnu que le terme moyen de l'eau qui tombe annuellement sur le sol de la France est de 20 pouces de hauteur (*Delahire, Mémoires de l'Académie royale des Sciences, année 1703, et M. Cotte, Mémoires de physique, tome 51, page 224.*)

« Cela posé, toute maison de 40 toises de superficie pourra réunir chaque année un volume d'eau de 2160 pieds cubes au moins, en prenant seulement 18 pouces pour la hauteur de ce qu'il en tombe; les 2160 pieds cubes équivalent à 75,600 pintes d'eau, à raison de 35 pintes par pied cube.

« Maintenant, si l'on divise 75,600 par 365, nombre de jours de l'année, le quotient 207 indiquera le nombre de pintes d'eau que les habitans de la maison auraient à consommer journellement; et si cet approvisionnement était en proportion avec leurs besoins, il ne s'agirait plus que de donner à la citerne les dimensions nécessaires pour pouvoir contenir les 2160 pieds cubes d'eau, ou quinze pieds de longeur, douze pieds de largeur, et douze pieds de profondeur au-dessous du niveau de la gargouille de décharge du trop plein.

« Cependant, on peut réduire ces dimensions d'une citerne, car les eaux du ciel ne tombent pas simultanément.

nément sur la terre. Il y a des saisons pluvieuses et des temps de sécheresse; et pourvu que la citerne contienne assez d'eau pour les besoins du ménage pendant les plus longues sécheresses, dont la durée est ordinairement connue localement, elle remplira sa destination aussi complètement que si on lui donnait une capacité suffisante pour réunir en une seule fois toute l'eau nécessaire à cette consommation, pendant toute l'année.»

Je vais indiquer la manière la plus économique et qui me paraît la plus sûre, pour bien construire en maçonnerie de béton une citerne qui aurait les dimensions susdites; c'est-à-dire *cinq mètres* de longueur, *quatre mètres* de largeur, et *quatre mètres* de profondeur, à partir de la gargonille jusqu'au fond.

Après avoir tracé sur le terrain le périmètre de la citerne et en même temps les épaisseurs des murs, que l'on pourra fixer à *soixante-dix centimètres*, on enlevera les terres de ces tranchées jusqu'à la profondeur voulue, de la même manière que s'il s'agissait de creuser des fondemens de murs; on aura le soin de rendre le parement du côté de l'intérieur parfaiteme nt d'aplomb et uni autant que possible. Cela fait, le béton sera déposé et massivé dans ces tranchées, en suivant les procédés déjà indiqués, et en laissant les ouvertures nécessaires pour le déversoir du trop plein et pour l'écoulement des eaux dans la citerne. Cette opération pourra avoir lieu dans l'hiver, avant les gelées.

Deux ou trois mois après que ce béton aura été mis en place , et lorsqu'on se sera assuré qu'il a fait une prise suffisante , on enlevera les terres intérieures comprises dans l'enceinte des murs , qui doit former le vide de la citerne . Le fond sera préparé au moyen d'un corroi en terre glaise et ensuite recouvert dans toute sa superficie d'une couche de béton de *quarante centimètres* d'épaisseur . Les faces intérieures des murs et du fonds de la citerne seront crépies et enduites en mortier de chaux et ciment , et ensuite lissées avec un caillou , afin de faire disparaître les gerçures qui pourraient se manifester par la dessiccation .

La voûte d'une citerne pourra être construite en berceau , au moyen d'un cintre en bois , en suivant la marche que j'ai déjà indiquée pour ces sortes d'ouvrages . On laissera au sommet une ouverture carrée ou circulaire pour le puisage des eaux ; cette ouverture sera recouverte d'une fermeture en bois percée de quelques trous , ou mieux encore , d'un chassis en fil d'archal . Cette fermeture ou ce chassis peuvent être placés sur une *margelle* en maçonnerie élevée de trois pieds au-dessus du sol .

Lorsqu'à raison de circonstances de localité il ne sera pas possible de ramasser une assez grande quantité d'eau venant des toitures des bâtimens , on pourra réunir celles qui coulent sur les terrains environnans ; mais alors la citerne devra être précédée d'un *citerneau* , ou réservoir ouvert , dans lequel les eaux pluviales

(49)

viendront déposer le sable et les graviers, dont elles peuvent être chargées, avant de parvenir à la citerne.

En général les citernes sont d'une grande utilité dans une foule d'endroits où l'on est réduit à boire, pendant l'été, l'eau des mares trouble et souvent croupie : ou bien encore dans les lieux élevés dont les habitans sont obligés d'aller au loin et à grands frais, chercher l'eau qui leur est nécessaire. Palladio dit, en parlant des citernes : « L'eau du ciel est tellement préférable à toutes les autres pour servir de boisson, que quand même on pourrait s'en procurer de courante, l'on devrait ne l'employer qu'aux lavoirs et à la culture des jardins. »

ARTICLE VII.

ABREUVOIRS, BASSINS, RÉSERVOIRS.

La condition essentielle d'une bonne construction des bassins et des réservoirs, surtout quand ils sont alimentés par une source peu abondante, est de ne pas laisser échapper l'eau.

La méthode suivie dans ces ouvrages consiste en général, à placer un corroi de glaise bien battue dans le pourtour et au fond des bassins ; ce corroi est employé quelquefois seul, et d'autres fois il est placé

entre deux murs en forme d'encaissement, dans lequel la terre est battue. Mais ce moyen ne réussit pas toujours pour conserver les eaux; il faut pour réussir que le terrain soit de nature compacte afin d'éviter les infiltrations: ce que l'on ne rencontre pas toujours à portée des habitations.

Dans le plus grand nombre des propriétés rurales, la rareté des eaux courantes oblige à réunir dans des réservoirs les eaux pluviales ou celles d'une source, pour servir à abreuver les bestiaux. Il importe essentiellement que les parois et le fonds de ces réservoirs soient construits de manière à éviter les infiltrations; à cet effet on emploiera la maçonnerie de béton qui sera la plus convenable pour la conservation des eaux, et en même temps la plus économique. Un abreuvoir sera vaste et profond pour ne manquer jamais d'eau; ses bords seront plantés de quelques arbres, parceque ces grands végétaux l'assainissent et le rendent plus frais. Pour que les murs d'enceinte puissent résister à la poussée des terres, leur épaisseur sera calculée de manière à ce que vers le milieu de leur élévation, elle soit égale au tiers de la hauteur des terres qui fixent la profondeur du réservoir (1). Ainsi, par exemple, si

(1) On donne ordinairement aux murs de soutènement une épaisseur moyenne égale au tiers de la hauteur des terres. Quoique je sois convaincu que le béton soit capable de résister à une poussée de

cette profondeur se trouve être de trois mètres, l'épaisseur moyenne de ces murs sera d'un mètre. Le fonds du réservoir sera recouvert d'une couche de béton de 26 à 25 centimètres d'épaisseur, fortement massivée, et enduite, ainsi que les murs de pourtour, en mortier de chaux et ciment.

On se conformera aux mêmes règles que je viens de prescrire, pour la construction de bassins dans les parterres et les potagers; ces endroits étant très-fréquentés, on ne devra pas donner à ces espèces de réservoirs plus de 60 à 70 centimètres de profondeur, afin d'éviter tout accident fâcheux. Si la localité peut le permettre, le fonds du bassin sera établi de manière à faciliter l'évacuation des eaux par une ouverture placée au point le plus bas, afin de pouvoir le nettoyer de temps en temps.

ARTICLE VIII.

TERRASSES.

La construction des aires des terrasses, est soumise à plusieurs systèmes ; le plomb, le zinc, le bitume, beaucoup supérieure à celle qui agirait contre toute autre espèce de maçonnerie, j'ai indiqué ces mêmes dimensions, en attendant qu'une expérience ait fixé la limite de la résistance de la bonne maçonnerie de béton.

les carrellements en briques, sont les plus en usage. Les couvertures en plomb et en zinc, outre leurs prix élevés et les difficultés de la pose, présentent l'inconvénient d'être impraticables pendant et après les fortes chaleurs. Celles en bitume sont plus économiques ; mais cette matière a quelquefois l'inconvénient de se ramollir par l'effet de la chaleur du soleil, et d'ailleurs d'absorber cette chaleur qu'elle rejette ensuite dans l'intérieur des appartemens placés immédiatement au-dessous des terrasses. Les recouvrements en carreaux de briques réussissent rarement, surtout lorsque les terrasses sont établies sur des planchers en bois. Les voûtes en maçonnerie sont en général préférables pour la construction des terrasses, quel que soit le système de recouvrement que l'on ait adopté.

M. Borguis, ingénieur, rapporte qu'à Naples, où la plupart des maisons sont couvertes de terrasses, on forme le pavé de ces terrasses, nommé *Lastrico* de la manière suivante : d'abord on bouche avec de la chaux les joints du plancher, et on étend dessus un lit de petites pierres à sec, de deux pouces environ de grosseur ; puis on dépose dessus une couche de béton, formée de chaux et de *lapillo* (petites pierres volcaniques de la grosseur d'un œuf de pigeon.) Cette couche a d'abord 7 à 8 pouces d'épaisseur, que la massivation diminue d'un quart. Les ouvriers qui font cette opération se servent de bâttes en bois, et frappent d'abord fortement dans un sens ; et ensuite ils croisent leurs coups en

sens opposé, mais avec moins de vigueur ; ils répètent ce travail jusqu'à trois fois, en mettant un jour d'intervalle entre chaque battue. Enfin, ils couvrent le *Lastrico* de terre, et le laissent ainsi couvert près de deux mois. Le *Lastrico* acquiert une telle dureté, qu'on se sert des vieux débris, en guise de pierres de taille, pour faire des marches d'escalier et des appuis de croisées.

On n'est pas toujours le maître de faire la terrasse sur une voûte ; dans ce cas on pourra l'établir sur un plancher en prenant les précautions suivantes : d'abord, après s'être assuré de la qualité et de la force des bois, on déposera sur les planchers un lit de fougère ou de paille, afin de les garantir des effets caustiques de la chaux ; sur ce lit on placera une couche de recoupes de pierres ou de briques concassées à l'épaisseur de sept à huit centimètres. La deuxième couche qui aura dix centimètres d'épaisseur, sera en béton dont les plus gros graviers n'excéderont pas la grosseur d'une noix ; ce béton sera fortement massivé dans tous les sens et pendant long-temps. Avant que cette deuxième couche soit desséchée, on en étendra une troisième formée aussi de béton auquel on aura ajouté une partie de ciment et dont les graviers, qui auront servi à sa composition, ne seront pas plus gros qu'une noisette ; ce béton sera également massivé comme pour la deuxième couche.

Après cela on recouvrira la superficie de la terrasse

d'une couche de terre de huit à dix centimètres d'épaisseur ; que l'on entretiendra dans un état d'humidité permanente, afin de garantir les bétons d'une dessiccation trop rapide : ce qu'il importe de prévenir. Cette terre pourra demeurer étendue pendant un ou deux mois, et jusqu'à ce que le béton qu'elle recouvre ait atteint le degré de consistance nécessaire.

Lorsqu'on aura acquis la certitude que la dernière couche de béton a fait une bonne prise, on enlèvera les terres avec propreté, en lavant et balayant fortement la surface de la terrasse de manière à ce que le béton soit mis à découvert dans toutes ses parties. Alors on étendra une couche de mortier composé d'une partie de chaux en pâte, d'une partie de sable fin et d'une partie de ciment ; on le lissera fortement à la truelle, de manière à ce qu'il n'y ait ni fentes ni gerçures. Après que ce mortier aura acquis un certain degré de consistance, on le lissera de nouveau avec un caillou ou un instrument en fer, afin de faire disparaître les crevasses qui auraient pu se manifester par un premier degré de dessiccation des mortiers ; on obtiendra aisément que les mortiers ne sèchent trop vite, en arrosant légèrement la superficie de cet enduit. On terminera l'opération en passant deux couches au moins d'huile de lin sur toute la superficie de la terrasse, que l'on renouvellera l'année d'après, avant l'hiver.

Ce que je viens de dire concernant les terrasses

(155)

sur planchers, s'applique également à celles sur voûtes; toutefois on supprimera pour celles-ci le lit de paille et les recoupes de pierres ou briques concassées.

On peut également en faire l'application à toute espèce de carrellements au rez-de-chaussée, attendu que ce système d'enduits peut remplacer avec avantage toute espèce de pavé en briques ou en dalles de pierre.

Imp. de CROSILHES, Place royale, à Montauban.

TABLE DES MATIÈRES.

CHAPITRE I^{er}.

PRÉLIMINAIRE, contenant des extraits des opinions diverses sur les propriétés des bétons, de MM. le colonel Raucourt de Charleville; Borguis, ingénieur; Rondelet, architecte; ainsi qu'un rapport fait à la Société d'encouragement pour l'industrie nationale, par M. Gourlier, architecte à Paris.

CHAPITRE II.

Des chaux hydrauliques, des sables, des cimens, des pouzzolanes et des graviers ,	26
ARTICLE I ^{er} .— De la chaux,	27
§ 1. ^{er} . — Des chaux hydrauliques naturelles ,	20
§ 2. — Des chaux hydrauliques artificielles ,	31

(2)

ARTICLE II. — Extinction de la chaux,	37
§ 1 ^{er} .—Premier procédé.—Extinction ordinaire,	38
§ 2.—Deuxième procédé. — Extinction par im- mersion ,	41
§ 3.—Troisième procédé.—Extinction spontanée,	43
ARTICLE III.—Choix du procédé d'extinction ,	45
ARTICLE IV.—Du sable ,	47
ARTICLE V.— Du ciment ,	50
ARTICLE VI.—Des pouzzolanes ,	51
ARTICLE VII.— Des graviers ,	52

CHAPITRE III.

Des mortiers et des bétons.

ARTICLE I ^{er} .— Des mortiers ,	53
ARTICLE II.—Du béton ,	58
ARTICLE III.— Fabrication du béton ,	62
ARTICLE IV. — Organisation d'un chantier de fa- brication de béton ,	69
ARTICLE V. — Composition du prix d'un mètre cube de maçonnerie de béton ,	70
ARTICLE VI. — De l'emploi du béton ,	74

CHAPITRE IV.

Emploi du béton dans les constructions civiles	82
--	----

CHAPITRE V.

Applications diverses du béton.

ARTICLE I^{er}. — Ponts ,	104
ARTICLE II. — Usines , telles que moulins à eau , forges , filatures , papeteries , etc. ,	124
ARTICLE III. — Edifices publics , et bâtimens d'ha- bitation ,	128
ARTICLE IV. — Fosses d'aisance et aqueducs ,	138
ARTICLE V. — Cuves vinaires ,	140
ARTICLE VI. — Citernes ,	143
ARTICLE VII. — Abreuvoirs , bassins , réservoirs ,	149
ARTICLE VIII. — Terrasses ,	151

