

République Algérienne Démocratique Et Populaire
Ministère De La Culture



CONSTRUIRE EN PIERRE

Préparation du mortier et Techniques de Construction

Office de Protection et de
Promotion de la Vallée du Mزاب



CONSTRUIRE EN PIERRE

Préparation du mortier et Techniques de Construction

Office de Protection et de Promotion de la Vallée du Mزاب

2012



INTRODUCTION:

Par souci de valoriser et de mettre en relief la richesse de l'architecture locale de la vallée du Mزاب, tant bien sur le côté de forme que sur le côté structurel, le présent ouvrage vient dans le but avoué de dévoiler l'une des plusieurs facettes de la construction répandues dans la région de la Vallée du Mزاب, depuis la naissance et l'édification des Ksour. Il s'agit donc de la construction en pierre locale ainsi que tous ce que s'y rattache comme techniques de construction et des matériaux de construction qui s'y rattachent.

Il devient donc impératif de traiter cet aspect important de l'architecture locale qui projette la lumière sur une matière essentielle parmi les matériaux de construction, par l'évocation de ses différentes utilisations en plus des techniques s'y rattachant.

Le présent guide est dédié en premier lieu aux artisans activant dans le domaine de la construction et à ceux intéressés par l'urbanisme local. Par l'intermédiaire de cet ouvrage, nous escomptons la diffusion de l'information, et par ricochet la préservation et la perpétuation des techniques répandues et courante dans ce cadre.

APERÇU HISTORIQUE

Il y a quelque deux millions d'années environ, l'homme dans les civilisations anciennes a eu recours à l'utilisation de plusieurs sortes de pierres pour la fabrication des ustensiles dont il avait besoins à cette époque. La pierre en tant que matière de construction n'a fait son apparition qu'avant dix milles ans environ avant JC. Or à cette époque des sociétés à vocation agricole commençaient à voir le jour, puis à se stabiliser dans certains endroits formant ainsi une mutation radicale dans le mode social et dans le système de civilisation comme en témoignent les diverses traces découvertes dans des régions du moyen orient.

Ces témoignages montrent que la pierre ne fut admise en service qu'après avoir fait l'objet de disponibilité en tant que matière brute naturelle et en tant que pierre proprement dite. À cette époque, l'homme n'a eu recours ni à l'extraction de la roche dans les carrières, ni également au taillage de la pierre, qui était à cette époque là, utilisée telle qu'elle c'est-à-dire sous ses formes et ses dimensions naturelles.

La terre argileuse fut utilisée comme élément de liaison entre les pierres dans la construction des murs. Les ruines et les vestiges de cette époque c'est-à-dire près de huit siècles avant JC, montrent que la plupart de constructions étaient édifiées en matière de terre argileuse, par l'utilisation de diverses techniques et des méthodes répandues à savoir la méthode de la terre coulée ou bien la technique de construction à l'aide adobes en terre... etc.

Avec l'avènement de l'utilisation de la pierre cette matière est devenue utilisée exceptionnellement dans l'édification de certains ouvrages défensifs ou à vocation religieuse, ensuite le rythme de l'utilisation de la pierre commençât à s'accélérer, mais au début, la charge économique de cette matière faisaient obstacle devant les gens dénantis. Son utilisation s'est alors associée à la caste aristocrate, c'est pour cela que les pierres sont devenues matière essentielle dans l'édification des châteaux où ont été utilisées les techniques de sculptage. C'est ainsi que l'art de construction à la pierre fit son apparition. Au début du deuxième millénaire avant JC cette technique connut une évolution et un développement en Egypte, où l'homme a eu recours à l'extraction de la roche dans les carrières comme il a œuvré également au taillage et à la préparation des pierres sous différentes formes géométriques et à des volumes proportionnellement plus important, afin de répondre à ses besoins. Ces pierres se faisaient acheminer à partir de ses carrières jusqu'aux chantiers pour y être montées et utilisées dans les différentes étapes de travaux de construction.



LE BÂTI RURAL ANCIEN EN PIERRES SÈCHES

Parmi les techniques de construction les plus répandues au cours du douzième siècle, notamment en milieu rural, figurait la construction à la pierre sèche. C'est-à-dire que la méthode adoptée consistait en la superposition des pierres les unes sur les autres avec le remplissage des creux existant entre elles avec de la terre. La hauteur des murs était limitée ne dépassant pas la hauteur d'un seul étage seulement pour cause de non disponibilité du liant pouvant souder les pierres. Pour ce qui est de la méthode du crépissage celui-ci se faisait souvent à l'aide d'un mélange de terre et de fibres végétales.

Les pierres extraites et groupées à partir des bas et des versants des montagnes et des ruisseaux étaient utilisées pour la construction avec le choix des pierres adaptées de point de vue forme et taille. On outre les pierres étaient utilisées à l'état brut pour la fixation du sol nourrit en eau par le biais de leur juxtapositions les une à côté des autres au sol pour créer des passages aménagés favorisant la circulation des personnes et des voitures.

EVOLUTION DES MAÇONNERIES EN PIERRE

Au fil des temps, les techniques de construction en pierre évoluèrent graduellement, or le niveau de vie dans les milieux ruraux et citadins connu une progression notable avec le début du sixième siècle JC et à l'ère de la renaissance, cette évolution avait connu des niveaux distincts ponctués par des hausses parfois et par des régressions des fois.

Cette évolution s'est accentuée de manière très remarquable aux milieux du dix huitième siècle, se prolongeant jusqu'à l'an 1914 JC, parmi les nouveautés de cette époque figurait l'utilisation du liant dans la construction, à savoir le mortier de chaux en plus de l'apparition des vitres en glace.

CONSTRUCTION EN PIERRE DANS LA VALLEE DU MZAB

Avant la fondation des Ksour actuels, la région de la vallée du Mzab a connu l'apparition de plusieurs agglomérations, connues aujourd'hui par les sites antérieurs, à savoir le Ksar de Talazdite et Aoulawel à El Atteuf et le Ksar de Baba Saad à Ghardaïa. Parmi les vestiges témoignant encore de ces Ksour nous trouverons les ruines et les restes de remparts ou de tours de guet les entourant et qui sont sous forme d'amas de pierres où s'élevaient des parties des remparts.



Vestiges du rempart du Ksar de Talazdite

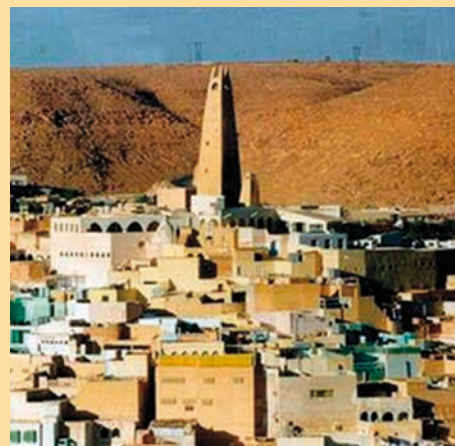
Nous remarquons également par les ruines du vieux Ksar de Bounoura que les habitants de la région ont eu recours à l'utilisation des pierres comme matière principale de construction dans l'édification de leurs demeures en plus des remparts et des tours de guets.

Il appert aussi par les vestiges que les pierres utilisées étaient extraites des régions qui entouraient le Ksar c'est-à-dire les monticules et les lits des ruisseaux. Ces pierres usitées aux fins de la construction, étaient disponibles en grandes quantités et représentaient des formes et des volumes divers. Elles étaient liées les unes aux autres par un liant. Parmi les liants utilisés à cette époque nous trouverons la chaux et le plâtre (Timchemt) qui étaient tous deux extraits à partir de la transformation des roches, en plus de la terre qui étaient acheminée à partir des lits des Oueds.

Avec le même rythme furent construits les autres Ksour par l'utilisation des pierres comme élément essentiel dans l'édification des foyers, tours de guets, remparts et pavages des ruelles. En outre la pierre a été utilisée dans la construction des puits et des ouvrages hydrauliques tels que les canaux, les déversoirs et les digues de retenue en plus d'un grand nombre de demeures et de maisons de palmeraies.



Parties du rempart du vieux Ksar à Bounoura



LES LIANTS MINÉRAUX

A- LIANTS MINÉRAUX AÉRIENS

Les liants aériens ne se solidifient pas, et ne conservent leurs caractéristiques mécaniques qu'en présence de l'air, à savoir : la chaux aérienne, le plâtre.

B- LIANTS HYDRAULIQUES

Les liants hydrauliques se solidifient et conservent leurs caractéristiques mécaniques en présence de l'eau et l'air également, à savoir la chaux hydraulique, le ciment.

Avant de procéder à citer les techniques suivies dans la construction à la pierre dans la région de la vallée du Mzab, il y'a lieu d'évoquer en parallèle les matériaux de construction d'accompagnement qui sont d'une importance égale à cette matière principale.

Parmi ces matériaux connus à utilisation fréquente, on peut citer à titre d'exemple la chaux et le plâtre (Timchemt), qui sont des matériaux issus eux mêmes de la transformation de la roche par l'utilisation des fours.

Les liants aériens sont des corps transformés en particules extrêmement fines pour être mélangés à l'eau donnant lieu à une pâte collante qui se solidifie progressivement puis se pétrifie et s'adhère à la pierre de construction pour former ainsi un corps homogène solide et résistant.

Après son malaxage à l'eau, le sable et le gravier le liant aérien nous donne un béton ou un mortier. Il demeure bien connu que les liants aériens ne se solidifient qu'en présence de l'air uniquement, alors qu'il existe d'autres liants qui se solidifient dans les milieux humides ou dans l'eau. Cette particularité nous amène à classifier les liants comme suit :



01

LA CHAUX AÉRIENNE

De point de vue utilisation, La chaux aérienne est considérée depuis des centaines d'années, comme étant l'un des premiers matériaux de construction au même titre que le plâtre. Les traces et les vestiges découverts à travers l'histoire démontrent que les chinois, les pharaons et les peuples maya ont construit des édifices en utilisant la chaux comme matière principale, ces édifices ont survécu des siècles. La chaux fut utilisée également de façon très étendue durant le moyen âge. Celle-ci était souvent mélangée avec de la terre glaise, elle continua en tant que matière principale de construction jusqu'au dix neuvième siècle. Elle est très répandue dans plusieurs régions d'Algérie où existaient des fours destinés à la fabrication de la chaux comme le témoignent les restes et traces existants à ce jour.

La chaux se forme à la suite de la calcination et de la combustion des pierres calcaires à la formule chimique : CaCO_3 ou des pierres de dolomite, c'est-à-dire formée de CaCO_3 et MgCO_3 par le biais de leur exposition aux feux de forte chaleur avant son extinction à l'aide de son arrosage à l'eau. Après son utilisation comme liant, celui-ci se solidifie progressivement au contact de l'air d'où il tire son appellation « Chaux aérienne ».

Ce liant contient un taux inférieur à 8 % de matière argileuse dans sa composition. La chaux aérienne est connue également pour être une chaux grasse si le taux d'argile dedans est inférieur à 5 %, c'est-à-dire qu'il résulte de la combustion de pierres calcaires propres. Il est dit également que la chaux est faible (terne) si le taux d'argile dedans est compris entre 5 % et 12 %.

02

LA CHAUX HYDRAULIQUE

La chaux hydraulique naturelle se constitue d'un mélange de particules de marne et d'argile riche à la silice et l'alumine et le fer, avec une proportion comprise entre 8% et 20 %.

On dit qu'une chaux hydraulique est faible si la proportion des matières argileuse dedans est égale à 8%, par contre si cette proportion atteint les 20% on considère que la chaux est une chaux hydraulique forte.

Remarque

Sur le marché, on peut trouver différents types de chaux hydraulique appelés Chaux hydraulique industrielle, ceci est dû au fait de l'addition de plusieurs nouveaux adjuvants chimiques à la chaux naturelle à la recherche de nouvelles caractéristiques.

**CHAUX CONTENANT
D'AUTRES PARTICULES
MINERALES**

**CHAUX
PROPRE**

Extinction de la chaux par
sa submersion dans l'eau



**Chaux aérienne faible (terne)
sous forme de pâte,
de qualité moyenne**

Extinction de la chaux par
l'utilisation d'une petite
quantité d'eau



**Chaux aérienne sous forme
de poudre. La prise s'effectue
de manière non régulière**

Extinction de la chaux par
sa submersion dans l'eau



**Chaux aérienne grasse sous
forme de pâte,
de bonne qualité**

Qualité de la chaux		Taux d'argile
Chaux Aérienne	Chaux Aérienne Grasse	Moins de 5 %
	Chaux Aérienne Faible (terne)	05 % - 12 %
Chaux hydraulique		12 % - 20 %

03

LA CHAUX AERIENNE SOUS FORME DE PATE ET LA CHAUX AERIENNE SOUS FORME DE POUDRE

Il est bien connu que la chaux à sa sortie des fours après le procédé de calcination prend la forme d'une chaux vive, au contact de l'eau celle-ci s'expose à une opération d'extinction pour passer d'une chaux vive à une chaux éteinte. Elle pourra prendre deux formes distinctes en fonction de la quantité d'eau ajoutée pour son extinction.

LA PREMIERE FORME CHAUX AERIENNE EN PATE

A l'extinction de la chaux vive par sa submersion par l'eau, nous disposerons enfin d'une chaux éteinte sous forme d'une pâte. Cette opération s'accompagne d'un bouillonnement et de grande émanation de la chaleur. L'opération d'extinction nécessite un grand intérêt or il est important de bien prévoir la quantité appropriée d'eau à ajouter de sorte à ce qu'il reste après l'opération d'extinction une quantité d'eau couvrant la pâte de chaux de 2 à 3 centimètres environ. Le taux est estimé aux environs de 2,5 à 5 litres d'eau pour chaque kilogramme de chaux en fonction de la qualité des roches.

LA DEUXIEME FORME CHAUX AERIENNE EN POUDRE

Si l'opération d'extinction ait été accomplie par l'utilisation d'une petite quantité d'eau, ceci permettra de disposer d'une chaux éteinte sous forme de poudre, c'est-à-dire il y'a aspersion des pierres de la chaux vive avec de l'eau, dès le contact elle commence à se métamorphoser et à se transformer sous l'effet de la réaction chimique en une chaux aérienne éteinte en poudre.

04

COMMENT DISTINGUER ENTRE LA CHAUX EN PÂTE ET CELLE EN POUDRE ?

Pour faire la distinction entre les deux types de chaux, il suffit de former un échantillon de chaux d'une épaisseur de 2 cm puis la laisser sécher sous le rayon du soleil. Si celle-ci demeure compacte et ne subit aucune transformation, il s'agit là donc d'une chaux en pâte. Par contre si elle se désintègre ou se disloque il s'agira de la chaux en poudre.

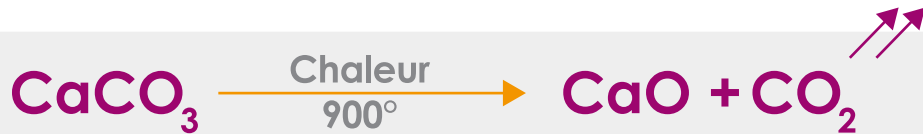
Remarque

Pour que la chaux en pâte puisse conserver ses caractéristique, il y'a lieu de la maintenir constamment engloutie sous l'eau

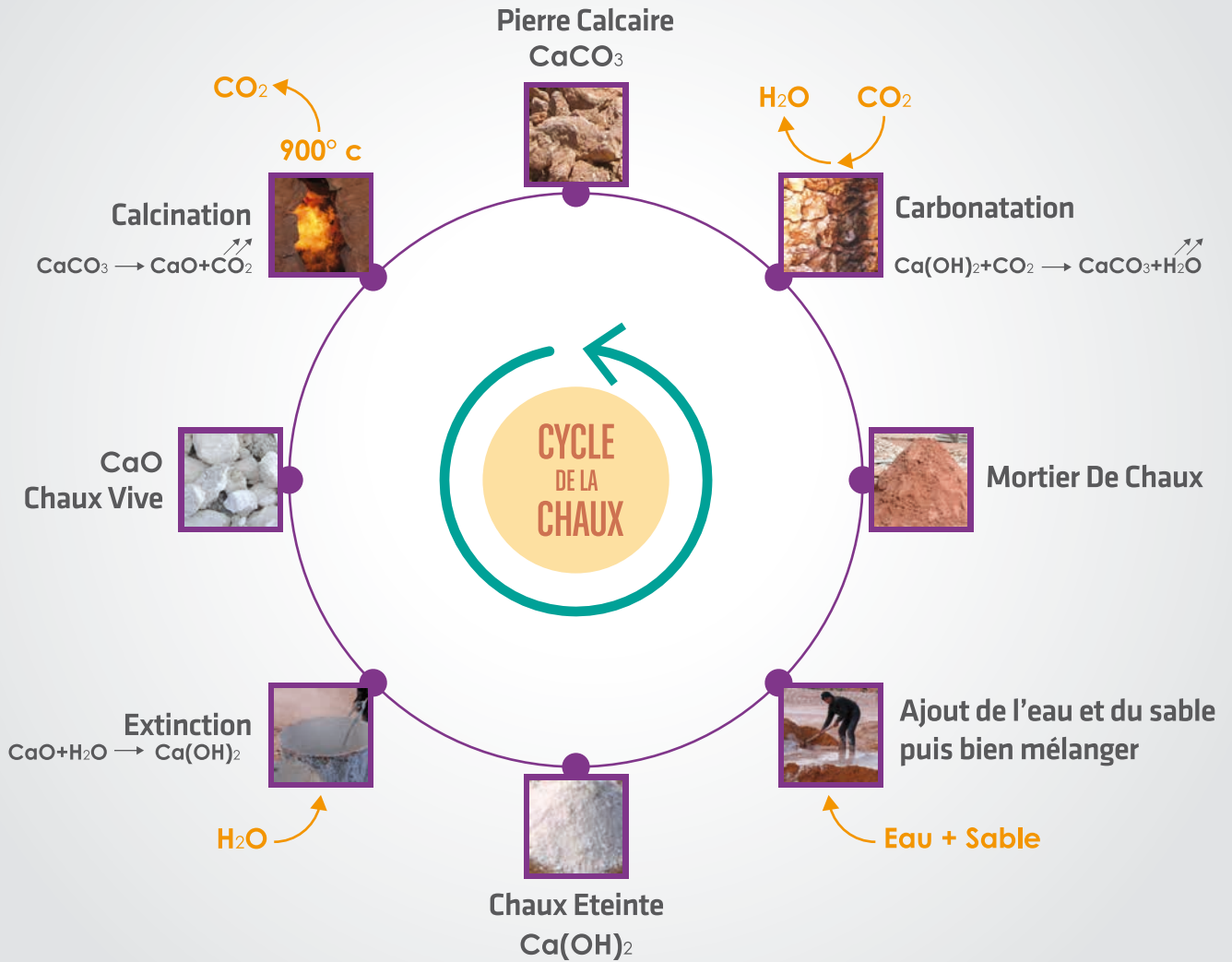
Le premier type de chaux se distingue du deuxième par une caractéristique très importante, c'est celle de rester loin du contact de l'air, étant donné qu'elle est submergée par l'eau. cela veut dire donc que les particules du Hydroxyde de calcium $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sont prémunies contre la réaction avec l'air CO_2 , alors que la chaux en poudre est souvent exposée à l'air juste après la fin de l'opération d'extinction, une réaction partielle survient alors entre les particules de l'Hydroxyde de

calcium $\text{Ca}(\text{OH})_2$ et les particules du dioxyde de Carbone CO_2 répandues dans l'atmosphère, une partie de la chaux éteinte se transforme ainsi en Carbonate de Calcium CaCO_3 avant son utilisation dans les différents opérations de construction et comme il a été précisé la chaux en pâte contient un grand taux de l'hydroxyde de calcium $\text{Ca}(\text{OH})_2$, alors que la chaux en poudre perd une partie d'hydroxyde avant d'arriver à la phase de l'emploi, ceci influe de façon directe sur ses particularités chimiques et mécaniques.

La transformation des carbonates de calcium CaCO_3 qui est le constituant principal de la pierre calcaire se fait sous l'effet de la chaleur en une chaux vive CaO après que les particules du dioxyde de carbone CO_2 soient désintégréés dans l'atmosphère.



CYCLE DE LA CHAUX



La chaux vive ou bien l'oxyde de Calcium ne peut être utilisé directement dans le processus de construction car son mélange à l'eau entraîne des gonflements qui ne peuvent être tolérés dans n'importe quel édifice ou construction.

Il y'a lieu donc de procéder à l'hydratation de la chaux vive CaO et de la transformer en chaux éteinte Ca(OH)₂ appelé Hydroxyde de calcium après l'addition de l'eau, ce dernier apparaît sous forme de poudre blanche peu soluble dans l'eau. Le mortier de chaux se compose d'un mélange de chaux



éteinte de sable de bonne qualité en plus de l'eau. Ces composantes sont ensuite bien mélangées avec des proportions étudiées. Le mortier de chaux est utilisé comme liant entre les pierres de construction ou comme mortier de crépissage, il commence à se carboniser petit à petit après sa réaction avec l'air riche en particules de dioxyde de carbone CO₂.



La chaux aérienne peut être extraite à partir de pierres calcaires formées initialement par des carbonates de magnésium (calcaire dolomitique) où le carbonate de calcium se trouve uni au carbonate de magnésium. Cette qualité de pierre nous donne de la chaux magnésienne après son exposition à une chaleur de près de 900° C



05

DETERMINATION DES TAUX NECESSAIRES

POUR LA PREPARATION DU MORTIER DE CHAUX.

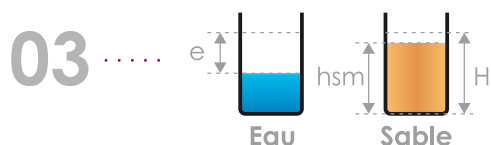
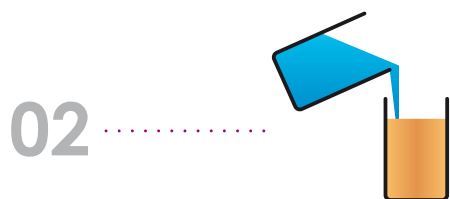
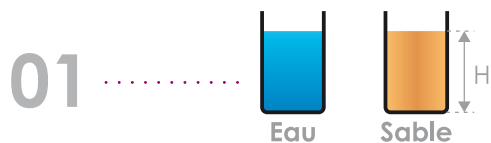
Pour la préparation du mortier de chaux il y'a lieu de déterminer le dosage des matériaux entrant dans la composition de ce mortier, ceci ne peut se faire qu'après avoir accompli ces deux tests :

- Le premier vise à mesurer et à évaluer les vides existant dans le sable utilisé.
- Le deuxième nous permet de confirmer la qualité du mortier de chaux de point de vue de sa force ou de sa faiblesse.

PREMIERE METHODE

Cette méthode permet la comparaison entre plusieurs qualités de sable, par l'intermédiaire de laquelle se prévoit les dosages nécessaires pour la préparation du mortier de chaux : la proportion entre le volume de l'eau (volumes des vides) et le volume du sable mouillé nous donne une proportion du volume de la chaux comparativement au sable.

Ce résultat expérimental a été traduit par la lecture et l'enregistrement de la proportion entre les hausses enregistrées dans les ustensiles utilisés qui ont été choisis de la même forme et volume.



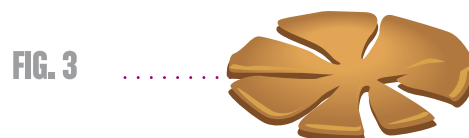
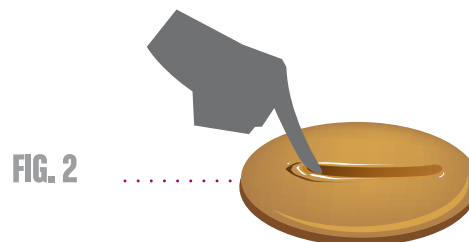
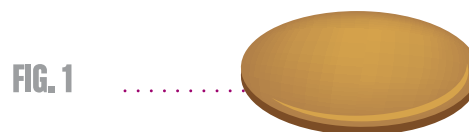
$$\frac{\text{Volume de chaux}}{\text{Volume de sable}} = \frac{\text{Quantité d'eau utilisée}}{\text{Hauteur du sable mouillé}} = \frac{e}{hsm}$$

DEUXIEME METHODE

1- Préparation d'une couche de chaux d'une épaisseur de 6 à 8 mm, puis laisser sécher durant 24 heures (planche 1)

2- Si le grattage de cette couche se fait facilement avec la séparation des particules du sable, cela veut dire que la chaux été utilisée en quantités faibles dans le mortier. (planche 2)

3- La fissuration de la couche veut dire que la chaux dans le mortier est utilisé en quantités excédantes. (planche 3)



LE PLÂTRE

Le plâtre est une matière naturelle solide connue sous la formule chimique $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, il compte parmi les matières brutes largement disponibles dans le sol, il appartient aux roches sédimentaires et se mélange avec le sulfate de calcium (anhydrite CaSO_4), et peut se trouver avec la dolomite, l'argile et la pierre de chaux, il est de couleur grise ou blanche virant vers la rougeur parfois.

Il convient de signaler que le plâtre sous forme (CaSO_4) est disponible en très petites quantités dans la nature alors que la matière sous forme de ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) est y par contre disponible en grandes quantités. Le plâtre est formé de 79,07 % environ de sulfate de calcium et de 20,93 % de particules d'eau, sa densité atteint 2.32.

PRODUCTION DU PLÂTRE

La fabrication du plâtre passe par divers procédés, à savoir :

A- Concassage : par l'intermédiaire du concassage de la matière brute extraite. Ce procédé s'opère en deux phases, la première consiste en concassage primaire pour la diminution des volumes à des petites pierres à la taille de la paume de la main, la deuxième c'est le concassage secondaire pour réduire les volumes jusqu'à la taille des lentilles avant leur stockage par la suite dans des entrepôts en prévision de leur envoi vers les fours pour calcination.

B- Extraction : se déroule par le lavage du plâtre, son passage au tamis, l'élimination des déchets puis enfin le séchage.

C- Calcination : Le plâtre concassé est envoyé après son extraction à partir des entrepôts vers des fours spéciaux à 130 degrés pour sa calcination, cela se déroule soit sous la pression atmosphérique ordinaire et à l'air dépourvu d'humidité soit en présence de l'air humide

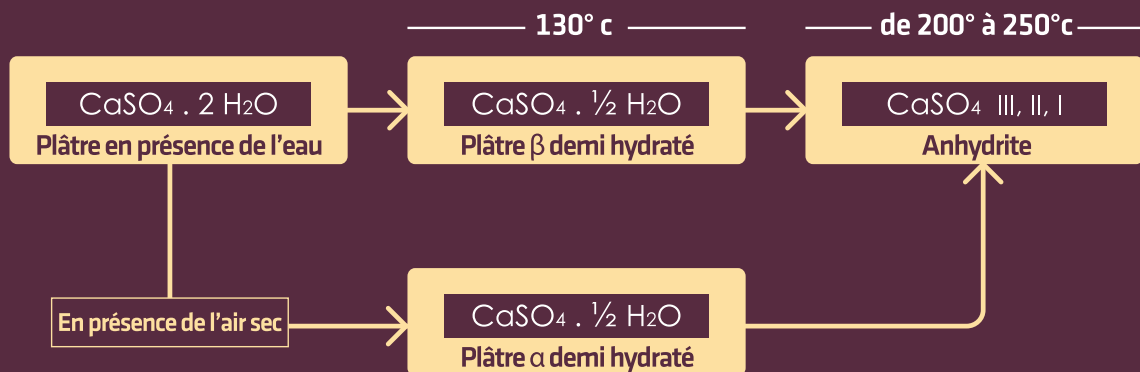
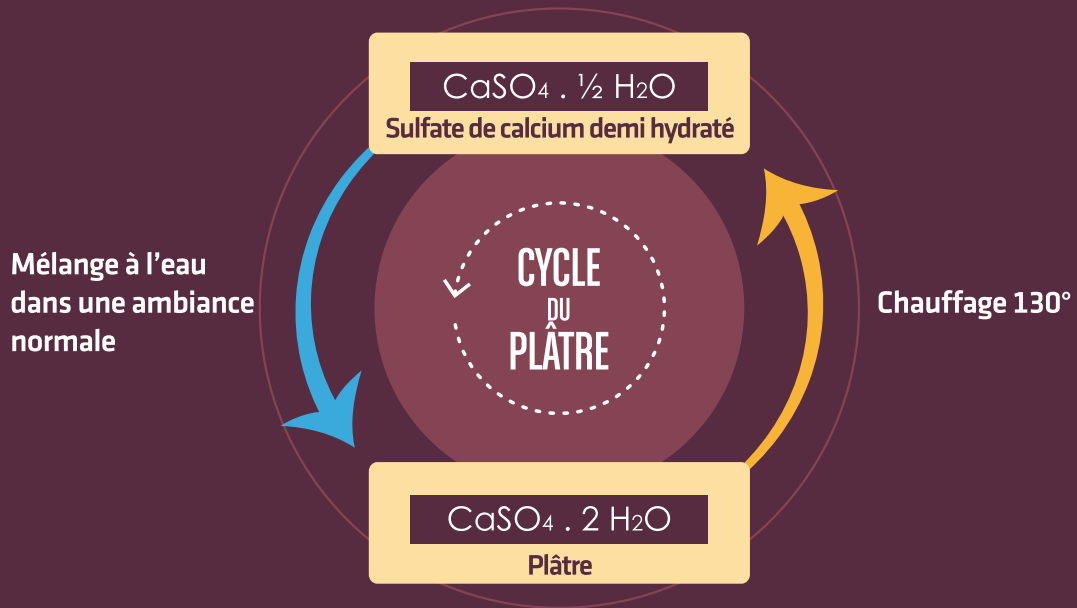


(particules d'eau). Elle y séjourne suffisamment pour éliminer le trois quart d'eau contenu dans le plâtre brute, sa formule chimique deviendra comme suit : $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$.

Il en résulte deux types de plâtre, plâtre Alfa demi hydraté, et plâtre bêta demi hydraté. Les deux types se ressemblent de point de vue cristallisation, quoique le premier soit de moindre tolérance pour la réaction et la solubilité, par conséquent nécessite une grande quantité d'eau et une durée plus prolongée pour la carbonisation, il est le plus produit et le plus utilisé.

D- Broyage : après la calcination le plâtre est envoyé vers les broyeurs pour y être broyé, ces broyeurs peuvent être réglés pour disposer de la qualité voulue.

E- Ensachage : une fois broyé, le plâtre est acheminé vers des entrepôts spéciaux en prévision de son ensachage. Avant l'ensachage un prélèvement d'échantillon se fait pour subir des tests visant à déterminer le degrés de solidité, de la pureté la force d'écrasement, la nature des déchets et leur proportion pour être classifié à la lumière de ces résultats.



MODE DE PRÉPARATION TRADITIONNEL DU MORTIER DE CHAUX

Pour préparer le mortier de chaux de manière adéquate il y'a lieu de suivre la méthode de préparation suivante qui dure huit jours, étape par étape :

LE PREMIER JOUR :

Faire tremper dans l'eau, la chaux vive issue de la calcination, s'en suit une grande ébullition par le fait de la réaction entraînant l'extinction de la chaux vive. Laisser refroidir jusqu'à l'extinction totale de la chaux.

LE DEUXIÈME JOUR :

Il faut ajouter au mélange une quantité d'eau suffisante pour obtenir un lait de chaux de bonne qualité (hydroxyde de calcium), ensuite passer au tamis pour pouvoir éliminer les déchets et les particules indésirables. Pour préparer un mortier de chaux (pâte de chaux) de bonne qualité, il y'a lieu de choisir le sable approprié auquel il faut ajouter une quantité suffisante de lait de chaux éteint puis bien mélanger pour obtenir une pâte compacte et homogène.

DU TROISIÈME AU SEPTIÈME JOUR

Laisser la pâte séjourner en réaction lente



LE SEPTIÈME JOUR :

Préparer une quantité de chaux éteinte en suivant la même méthode du premier jour.



LE HUITIÈME JOUR :

Ajouter une quantité appropriée de la chaux éteinte à la pâte préparée à l'avance (du troisième au septième jour), mélanger de façon à obtenir enfin une pâte homogène de mortier de chaux lequel peut être utilisé ensuite dans les différentes opérations de construction.



Remarque importante :

Il y'a lieu de signaler qu'il demeure impératif de prendre les précautions nécessaires pour maintenir la chaux éteinte et le mortier de chaux loin de tout contact avec l'air en vue d'obtenir un bon mortier à efficacité extrême soit pour la construction ou bien pour le crépissage, il en est de même pour le lait de chaux utilisé pour le badigeonnage. Ceci se fait par le biais de l'entreposage de la chaux éteinte dans des récipients hermétiques et la couverture du mortier de chaux à l'aide de couvercles en plastique.



TECHNIQUES DE CONSTRUCTION EN PIERRE DANS LA VALLEE DU MZAB

MUR DE PIERRE A UNE SEULE RANGEE :

Cette technique est adoptée généralement pour les murs de séparation ou les murs de clôture. Les pierres sont soigneusement choisies en faisant orienter la face plate vers la façade principale, l'incohérence de l'autre façade est traitée à l'aide du mortier de crépissage. Aux points de contacts et de rencontre des murs, on procède à l'emboîtement des pierres pour réaliser la liaison donc le renforcement de la solidité et la réalisation de l'équilibre.

MUR DE PIERRE A DEUX RANGEES :

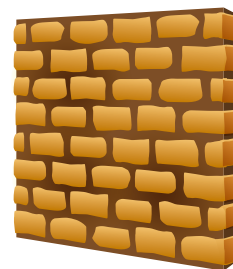
Cette technique de construction est adoptée en grande partie dans la construction des mosquées, des maisons des tours ...etc. la partie plate de la pierre se pose vers la façade apparente (découverte) du mur, la partie non homogène par contre est orientée vers l'intérieur. Les pierres sont attachées les unes aux autres à l'aide du mortier de chaux, les creux vides sont souvent comblés par des cailloux.

EMBOITAGE DES PIERRES :

L'emboîtement des pierres les unes aux autres se fait au niveau de l'angle du mur pour donner lieu à un entremêlement des deux parties du mur et former ainsi de la structure, un seul corps soudée.

LES PILIERS EN PIERRE :

Les piliers constituent un élément essentiel dans la structure de la construction à la vallée du Mzab, nous les trouvons au centre de la structure de l'habitation, elles forment ensemble des têtes de formes carrées où se rencontrent les solives principales en bois qui supportent les plafonds. Les poids se répartissent donc de façon équilibrée vers les fondations. Sur le même principe ont été érigés les piliers supportant les arcades et les voûtes dans les mosquées. Ils sont de coupe rectangulaire ou circulaire, la moyenne de ses dimensions est de 50 cm environ. Ils sont construits à l'aide de pierres taillées en plus du mortier de chaux ou du plâtre.



Mur en pierre
À une seule rangée



Mur en pierre
À double rangée



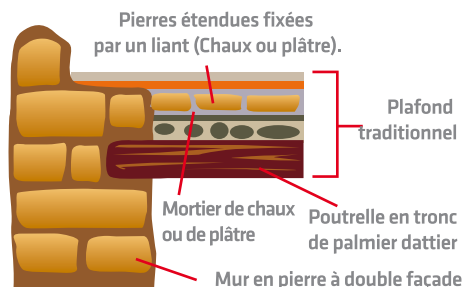
Point de convergence
de deux murs où intervient
l'emboîtement entre les pierres



Pilier en pierre de
forme rectangulaire

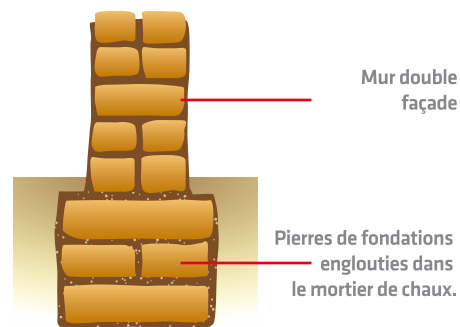
PLAFOND TRADITIONNEL

Les pierres sont utilisées également dans la construction des plafonds et des voûtes, elle prend une forme plate étendue, et se pose de manière alignée et proche, fixées par le liants qui est en plâtre pour la plupart des fois, et parfois en mortier de chaux.



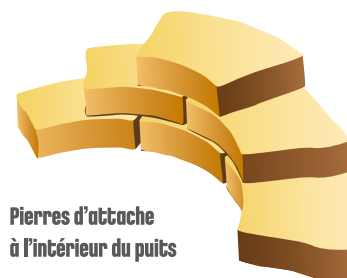
LES FONDATIONS :

La fouille pour fondation se fait sous forme d'un long tranchet longitudinal, le sable mou est extrait et enlevé jusqu'à l'apparition du bon sol. La pose des fondations soit pour les murs à doubles façades ou à façade unique ou pour les piliers se fait par l'intermédiaire des pierres relativement grandes de taille, qui sont enfuis dans le mortier de chaux rugueux avec agitation. Les pierres sont posées avec précaution et de manière intersectée pour former un bloc homogène sur lequel se repartissent les poids de façon régulière.



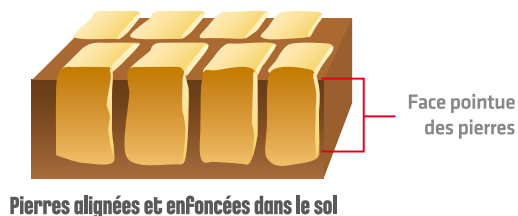
LES PAROIS DES PUITIS

Le mur formant le puits dans sa partie inférieure se constitue de pierres solides de grande forme, choisis et préparées de façon à ce qu'elles forment une boucle circulaire renforcée (voir planche), il est important de mettre l'accent sur l'emboîtement des pierres et le remplissage et le colmatage des vides à l'aide de sable brut.



PAVAGE DES SEGUIAS (RUELLES CANAL):

Pour le pavage des seguias de ruissellement nous remarquons que les pierres utilisées sont de forme plate avec une face pointue afin de faciliter son enfoncement et son ancrage dans le sol, ces pierres sont alignées de façon proche sans utilisation de liants d'une manière générale. Nous remarquons également la présence de cette technique pour le pavage du chemin de halage



CONSTRUCTION EN PIERRES SECHES (A FROID)

Avec cette technique on construit des murs épais par la superposition de grosses pierres les unes sur les autres en remplissant les creux vides avec du sable en veillant et en prenant bien soins à l'emboîtement des pierres d'une rangée à une autre sans l'addition de mortier. Ces murs sont de hauteur réduite, nous les trouvons au niveau des chemins de halage, ou bien former les murs latéraux des seguia de ruissellement, ils font office aussi de stabilisateur du sol au niveau des jardins à niveau élevés de la seguia.

UTILISATION DE LA PIERRE DANS LA CONSTRUCTION DES BARRAGES

Les barrages ou les digues sont construites essentiellement de pierres. Les pierres dures de grand format sont submergées dans le mortier de chaux rugueux bien préparé avec remuement afin d'éviter que des bulles ou des creux se forment. Au fil du temps la chaux se solidifie avec les pierres donnant lieu à un seul bloc soudé.



Barrage de Béni Isguène



Les digues de retenue et les déversoirs construits au niveau du système traditionnel de partage des eaux pluviales reposent également et essentiellement sur les pierres qui sont de tailles et de formes différentes. Le lien se faisait par l'intermédiaire du mortier de chaux. De point de vue forme, nous trouveront que la structure de l'édifice se forme de murs doubles ou triples parallèles, le vide ou le creux existant entre les murs est remplis par le sable (terre) puis au dessus se pose une couche de pierres et de mortier de chaux rugueux (béton de chaux) qui forme le



Pierres minutieusement superposées sans lien d'attache



Digue et déversoir d'eaux pluviales partiellement effondré



parterre du déversoir ou de la digue de retenu (voir illustration). Parmi les ouvrages d'art traditionnels connus se trouvant au niveau du système d'irrigation traditionnelle nous citons les canaux à travers lesquels se fait le partage des eaux de crue, lesquels sont formés de murs construits en pierres et au mortier de chaux, leurs plafonds se fait à l'aide de pierres plates appelée localement (Madoune) sur lesquelles est posée une couche de



canal par lequel transite l'eau de crue



mortier de chaux.

Il existe par ailleurs un réseau de canaux utilisés pour l'irrigation, à travers lequel les jardins sont reliés aux bassins de collecte et de distributions appelées localement (Açiffi), ces bassins côtoient les puits traditionnels, ces canaux ont été construits à l'aide de pierres et du mortier de chaux.



Séguia au dessus
d'un mur renforcé
avec une arcade



PAVAGE DES RUELLES ET DES PLACES

Parmi les particularités qui singularisent les ruelles et les places des Ksour de la Vallée du Mzab, c'est d'être pavées avec les pierres locales. Ces dernières peuvent prendre des formes et des dimensions régulières soit rectangulaires ou carrées, ce qui démontre qu'elles ont été soigneusement préparées dans le but de leur donner une belle présentation. Dans la plupart des cas ces pierres peuvent prendre des formes et des dimensions diverses alors que leur épaisseur est petite en général par rapport aux autres dimensions, celle-ci varie entre 8 à 12 cm en moyenne.



Préparation des
pierres de pavage
manuellement



La préparation des pierres de pavage se fait manuellement par un artisan chevronné et à l'aide d'outils simple comme le marteau. Au cours la préparation, une attention particulière est donnée au respect des dimensions de sorte qu'elles soient proches. Pour ce qui est de la matière d'accompagnement utilisée pour attachement entre les pierres et qui constituent avec elle la structure du pavé, il est possible de confirmer que la plupart des sol en pierres ont vu l'utilisation du mortier de chaux à titre de lien d'attachement et comme lit sur lequel sont fixées les pierres plates et alignées soit un alignement linéaire soit en emboîtement.

Il convient de signaler que le pavage en pierre ne se limite pas seulement aux ruelles et aux placettes mais peut être utilisé à l'intérieur des maisons, où nous remarquerons que certaines demeures du Ksar ont vu leur parterre aménagé avec de la pierre plate qui étaient soigneusement conçues notamment en ce qui concerne le choix de la forme et du volume appropriés en plus de la manière de leur alignement qui se répercute directement sur la forme et sur l'aspect général.



Pavage des places avec de la pierre taillée



Pavage de la maison avec des pierres
multiFormes



Pavage de la maison avec de la pierre taillée

LES TOURS ET LES REMPARTS DEFENSIFS

Les remparts et les tours constituent une partie intégrante de la structure architecturale pour les Ksour de la vallée du Mزاب. Les remparts constituent la façade défensive alors que les tours font office d'installations de guet. Elles se distinguent par leur hauteur qui favorise la communication entre elles. Plusieurs tours se répandent tout au long des lits des oueds à titre de postes avancés reliant et intégrant le champ de vision entre les ksour et les palmeraies et disposent d'une vue sur les lits de ruissellement principaux.

Les remparts ont été édifiés à l'aide de matériaux locaux qui sont les pierres et le mortier de chaux. De point de vue forme nous remarquerons qu'en général, la base du rempart est large par rapport au sommet et se rétrécit graduellement en allant vers le haut. Il existe vraisemblablement deux méthodes de construction de ces remparts



Rempart défensif du Ksar de Béni Isguène

01 PREMIÈRE MÉTHODE

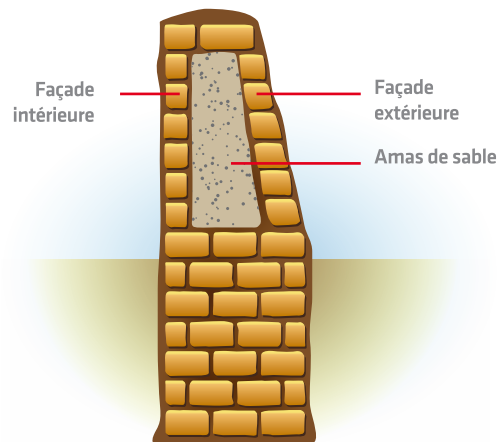
Le rempart est édifié en entier de la base au sommet comme un seul bloc de pierres soigneusement entrecroisées avec l'aide du mortier de chaux comme liant d'attache. Les pierres grandes de taille sont déposées à la base, ensuite, les dimensions se rétrécissent graduellement en allant vers le sommet. En haut du rempart est posée une couche courbée de mortier de chaux servant de protection contre les eaux pluviales.



Rempart défensif se composant d'un seul bloc de pierres

02 DEUXIÈME MÉTHODE

Le rempart est constitué de deux faces construites en pierres et au mortier de chaux qui se reposent sur une base rocheuse solide. Le vide ou le creux contenu entre les deux murs est rempli et comblé par le sable. La largeur du rempart se rétrécit entre la base et le sommet en allant vers le sommet. En haut du rempart est posée une couche courbée de mortier de chaux comme protection contre les eaux pluviales.

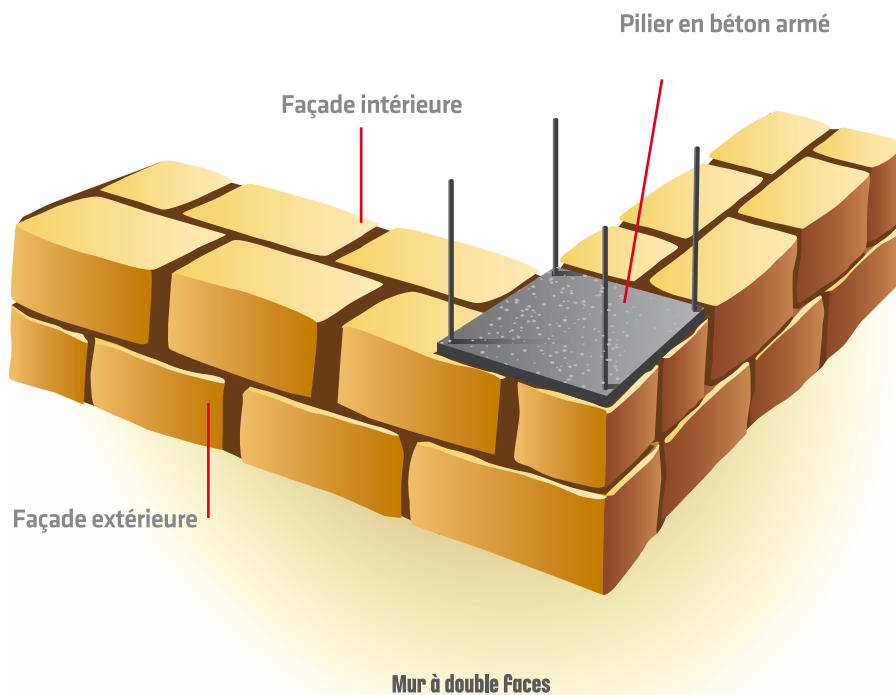


Rempart défensif se composant de deux faces en pierres remplies par un amas de sable

STRUCTURE MIXTE

Les pierres ont préservé leur place en tant que matière première principale de construction, ceci grâce à ses caractéristiques mécaniques, notamment la solidité et la résistance outre sa disponibilité aux alentours des agglomérations. Celles ci continuent encore à être utilisées et exploitées dans les différentes opérations de restauration relatives aux monuments historiques. Cependant et compte tenu des changements connus par certains styles architecturaux des maisons, changements édictés par les obligations des temps modernes, or les dimensions ont connus des extensions et les espaces se sont élargis se qui a donné lieu au recours aux structures en béton qui se sont encastrées avec la structure de pierre principale de manière à absorber et à supporter les charges et à les répartir de manière équitable et régulière et à des proportions proches au dessus des fondations, en plus de la diminution des fissures qui pourraient apparaître sur le mur.

La structure en béton est établie de façon à la rendre homogène à l'intérieur de la structure de pierre afin d'éviter les effet des ponts thermiques, qui est un phénomène entraînant l'isolation thermique non équilibrée pour cause de perte d'importantes proportions de température intérieur des maisons en plus de l'affectation et l'altération de la structure elle-même par la température élevée en cas de contact direct avec l'extérieur



SOMMAIRE



Introduction	4
Aperçu historique	5
Ancienne construction rurale en pierres sèches	6
Evolution de la construction en pierres	6
Construction en pierre dans la région de la vallée d'Oued Mzab	6
Liens d'attaches minéraux	8
Liens d'attaches minéraux aériens	8
Liens d'attaches minéraux hydrauliques	8
La chaux aérienne	9
La chaux hydraulique	9
Chaux aérienne sous forme de pâte et chaux aérienne en poudre	11
Cycle de la chaux	13
Détermination des mesures nécessaires à la préparation du mortier de chaux	14
Première méthode	15
Deuxième méthode	15
Le plâtre	16
Fabrication du plâtre	16
Cycle du plâtre	17
Méthode traditionnelle de préparation du mortier de chaux	18
Techniques de construction en pierres à Oued Mzab	20
Mur en pierre à double façade	20
Emboîtement à la pierre	20
Piliers en pierres	20
Plafond traditionnel	21
Fondations	21
Pierres d'attache pour puits	21
Pavage des séguia de ruissellement	21
Construction à la pierre sèche	21
Utilisation de la pierre dans la construction des digues	22
Pavage des ruelles et des placettes	23
Tours de guets et remparts défensifs	24
Structure mixte	25

Techniques et pratique du plâtre
Applications traditionnelles et modernes

Jean FESTA
Deuxième édition 1998
EYROLLES

Maçonnerie de pierre

Jean Coignet et Laurent Coignet
EYROLLES 2007

Technique et pratique de la chaux

École d'Avignon 2 e édition 2003
EYROLLES

Illustrations : Nouredine BOUAROUA.

Conception : Nouredine BOUAROUA,
Ingénieur principal d'habitat et d'urbanisme

Photo : Archive de l'Office de Protection et de promotion
de la Vallée du Mzab.

BIBLIOGRAPHIE



REALISATION



OFFICE DE PROTECTION ET PROMOTION DE LA VALEE DU MZAB.

Depuis sa création en 1970 cet établissement a activé sous l'appellation « Atelier d'études et de restauration de la vallée du Mزاب ». Après avoir été promu et érigé à partir de 1992, en « Office de Protection et de promotion de la Vallée du Mزاب » toujours sous tutelle du ministère de la culture, ce dernier n'a pas cessé d'œuvrer activement en vue de l'information et de la sensibilisation du milieu vis à vis de la nécessité de sa contribution dans la préservation de cet héritage de civilisation en tant qu'élément principal de développement durable en plus des efforts consentis dans le but de son rapprochement du citoyen. Ceci par le biais d'une action sereine et réfléchie visant à rapprocher d'avantage le citoyen, voire l'impliquer à découvrir l'importance de son patrimoine culturel, puis ensuite à veiller à sa protection et à sa préservation par l'intermédiaire des différentes opérations de restauration, et à veiller également à sa valorisation et à son exploitation au profit de la société conformément aux textes législatifs parus dans ce cadre.

32 rue de la Palestine
Téléphone : 213 29 88 44 54
Fax : 213 29 88 25 48
E-mail : opvm@m-culture.gov.dz

www.opvm.dz