

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE LA CULTURE

PAVAGE EN PIERRE

GUIDE DE PAVAGE TRADITIONNEL
EN PIERRE LOCALE

OPVM

OFFICE DE PROTECTION ET DE PROMOTION DE LA VALLEE DU M'ZAB



SOMMAIRE

- Présentation	01
I- La dégradation des sols en pierres	02
II- Entretien des sols en pierre	03
1- Préparation des matériaux de constructions	03
a- La qualité des pierres et leurs dimensions	03
b- Mortier de chaux	04
- Préparation du mortier de chaux	04
- Méthode de Préparation du mortier de chaux	04
- Les proportions volumiques du mortier de chaux	05
- Analyse des résultats	06
2- Travaux de pavage	06
a- Décapage du sol	06
b- Organisation du chantier	07
c- Préparation du sol	08
d- Détermination des axes	08
e- La disposition des pierres	09
f- Exécution des joints	09
g- Nettoyage des pierres	10
h- Traitement des soubassements des façades	11
i- Ajustement des seuils	11
j- Réalisation des marches d'escalier	11
k- Traitement des pierres dans les tournants	12
l- Pavage des places	13
3- Recommandations	13

**OFFICE DE PROTECTION ET DE
PROMOTION DE LA VALLEE DU M'ZAB****2012****OPVM****PRESENTATION**

Le maintien d'un patrimoine architectural traditionnel, noble, remontant aux siècles immémoriaux, transforme le défi de sa conservation, en une lourde responsabilité qu'il ne faut pas sous-estimer.

Cet héritage inestimable, est considéré comme un témoignage de l'histoire sur les plans culturels, sociaux, environnementaux et économiques de l'homme, qui a réussi -dans cette contrée- à s'adapter merveilleusement à la terre, à travers les siècles.

Il n'est pas aisé de protéger le patrimoine architectural, et l'opération sera encore plus complexe lorsque le monument est menacé par la perte progressive de son cachet et de ses caractéristiques, comme résultat inévitable de la persistance des causes de détérioration, ainsi que le changement des formes de vie.

C'est dans le cadre de cette dangereuse évolution, subie sur les constructions traditionnelles, que ce travail se réalise, fruit d'efforts continus sur le terrain et d'expériences acquises par l'équipe technique de l'Office de Protection et de Promotion de la Vallée du M'ZAB. C'est depuis sa création, à travers sa pratique de pionnier, qu'il active dans le domaine de la restauration et de la réhabilitation de l'architecture traditionnelle dans la vallée du M'zab, et de son échange avec les experts nationaux et internationaux dans le domaine de restauration et préservation des monuments historiques.

Cette publication intitulée «de pavage traditionnel en pierre locale», est née pour compléter la série des procédures techniques ainsi que les instruments opérationnels d'application, que l'office a édité, tel que:

- Guide des travaux de restauration.
- La chaux, matériau de construction et de restauration.

Et ce, dans le but de les mettre à la disposition des ingénieurs, techniciens, artisans attentifs et les travailleurs dans le domaine du patrimoine architectural.



Le pavage en pierre est caractérisé par la solidité et la durabilité, cependant, il reste, malgré cela, exposé à la perte et à l'altération dégradante, pour plusieurs causes:

Nous en citons quelques une :

- Instabilité de la pierre à la suite de l'érosion du mortier de jonction, et surtout à l'infiltration des eaux (pluviales, fuites etc.)
- Faible résistance des matériaux,
- Mouvement du terrain,
- Affaissement du sol,
- Dégradation accélérée du pavage dû aux travaux d'installation et de réparation des réseaux divers, sans le remettre à son état initial.
- La mauvaise exécution du pavage entraîne la constitution de flaques d'eau, entravant la circulation des piétons.
- La cimentation de la partie réfectionnée et la non réintégration des pierres à leur place, nous donne une forme non-homogène du sol.
- La mauvaise exécution, lors de la réalisation, réduit la durée de vie du sol.
- La réfection du pavage, en utilisant des pierres de qualité et couleur différentes du pavage d'origine.



La remise en place des pavés d'une manière désordonnée.



Un pavement détérioré en raison des infiltrations internes.



Ancien pavage en état de conservation moyen.



Enlèvement des pavés, sans qu'ils soient remis en place.

II ENTRETIEN DES SOLS EN PIERRES

L'utilisation des pierres pour le pavage des ruelles et placettes donne aux sols la dureté et la solidité qui leur permettent de supporter longtemps, la circulation des piétons ainsi que le déplacement des véhicules.

Elle leur donne un aspect de beauté spécifique, tout en facilitant l'écoulement des eaux, notamment les eaux pluviales.

Elles ne constituent pas un obstacle imperméable à la montée de l'humidité du sol, ce qui empêche la remontée capillaire sur les murs des maisons voisines.

Le pavage en pierre a été – depuis de longs siècles – la technique préférée pour le traitement des sols, dans les lieux historiques.



01 PREPARATION DES MATERIAUX DE CONSTRUCTIONS

a La qualité des pierres et leurs dimensions

La pierre locale utilisée dans les travaux de pavage est extraite des carrières situées dans la wilaya de Ghardaïa, elle est caractérisée par sa dureté, sa résistance et d'épaisseur important, sa couleur, tend vers le beige, ou le marron claire. La pierre est taillée de manière à avoir les dimensions voulues, et sa face est généralement lisse ou préparée manuellement sur chantier.

Pendant la réalisation, on utilise la pierre de grandes tailles, notamment lors du pavage des places et rues à grande circulation mécanique.

Les ruelles étroites et les lieux escarpés sont exécutés en pierres de petites tailles.

Il est difficile de fixer des dimensions standard des pierres, mais, en général, on utilise les mesures suivantes:

- Longueur (L) de 25 à 40 cm
- Largeur (l) de 15 à 25 cm
- Hauteur (h) > 07 cm



b Mortier de chaux

PREPARATION DU MORTIER DE CHAUX

- Le cycle de la chaux :

L'extraction de la chaux à partir de la pierre «calcaire» qui se trouve en abondance dans cette région, sa formule chimique étant la suivante : CaCO_3 . Cette pierre est chauffée dans des fours spécialement conçus, à une température de + 1000 degrés centigrades. Le gaz oxyde de carbone CO_2 , s'échappe durant l'opération de calcination et on obtient, à ce stade, une chaux vive, dont la composition chimique est CaO (Oxyde de calcium), c'est la chaux, d'origine calcaire, qui se vend dans le commerce.

Lorsque cette matière est submergée dans l'eau, cette phase est dénommée «HYDRATATION - EXTINCTION». La chaux commence à bouillir, elle est maintenue le temps nécessaire, jusqu'à extinction totale, et se transforme en chaux éteinte, dont la formule est Ca(OH)_2 , prête à l'utilisation.

En la mélangeant avec le sable, elle servira à de nombreuses utilisations après l'opération «PETRISSAGE». (A condition de respecter la méthode de préparation du mortier, ainsi que les proportions volumiques, entre le sable et la chaux).

Après, l'utilisation du mortier dans la construction, la chaux est exposée à l'air, ce qui facilite la polarisation des particules du CO_2 (Oxyde de carbone), et en même temps, il perd la quantité d'eau reçue, et se transforme de nouveau (petit à petit) – au carbonate de calcium CaCO_3 , c'est le calcaire: cette phase est appelée «Carbonatation».

Par ailleurs, la chaux éteinte – après tamisage – et élimination des déchets, est utilisée dans le badigeonnage.

METHODE DE PREPARATION DU MORTIER DE CHAUX

Le mortier «MELANGE» se définit comme étant : un liant «CHAUX» additionné à l'eau. Il est utilisé pour lier les pierres, les briques les unes aux autres, il sert aussi au crépissage. En vue d'obtenir un mortier de chaux, de bonne qualité, et conforme aux normes techniques traditionnelles, il est nécessaire de suivre la méthode de préparation, ci-dessous, durant 8 jours, pas à pas.

- LE PREMIER JOUR :

La chaux en pierre est immergée dans l'eau, pour que l'opération d'ébullition soit sûre et totale, elle se transforme de CaO à Ca(OH)_2 .



LE DEUXIEME JOUR :

Ajouter la quantité d'eau suffisante pour obtenir le lait de chaux d'une bonne qualité, tout en éliminant les déchets.

Ensuite bien mélanger le lait de chaux avec le sable (matière extraite de carrières situées en bordure des oueds), afin d'obtenir un mortier homogène et saturé de chaux.

DU TROISIEME JOUR AU SEPTIEME JOUR :

Laisser le mortier en décomposition.

LE SEPTIEME JOUR:

Préparer une autre quantité du lait de chaux, selon la méthode traditionnelle, précitée (identique au premier jour).

LE HUITIEME JOUR:

Ajouter le lait de chaux au mortier homogène tout en mélangeant et en malaxant, le tout, jusqu'à l'obtention d'un mortier de chaux visqueux de bonne qualité, prêt à utiliser.

Remarque: Durant l'opération de préparation, il y a lieu de maintenir le mortier dans un état d'humidité constante.



LES PROPORTIONS VOLUMIQUES DU MORTIER DE CHAUX

Le mortier de chaux traditionnel est préparé selon les proportions volumiques suivantes :

Un volume de chaux pour DEUX ou TROIS volumes de sables, il arrive même que le sable équivaut à QUATRE fois, le volume de chaux.

Cependant, d'une façon générale, il est difficile de fixer avec précision les proportions volumiques du mélange et cela pour plusieurs facteurs, le plus important est la qualité du sable, qui joue le rôle essentiel dans la détermination des proportions.

Certes, le sable dont les grains sont très fins, assouplit le mélange, mais réduit la proportion de la chaux utilisée.

Par contre, si on utilise un sable ayant des grains assez gros, le volume de chaux devra être augmenté.

En conséquence, il est nécessaire, avant de commencer les travaux et au moment de préparation du chantier, de faire quelques essais – simples – afin de déterminer les proportions volumiques, du sable et de la chaux, qu'il faut adopter dans la composition du mortier.

Il est possible de faire les essais de la manière suivante :

- Préparer un mortier de chaux en utilisant des quantités mesurées, d'une façon approximative.
- Crépiner la face d'une brique,
- Laisser à l'air libre durant 24 heures.



ANALYSE DES RESULTATS

Lorsqu'une couche de crépisage, s'effrite au toucher, avec une truelle, on conclut que la proportion de chaux – dans le mortier – est insuffisante, et on doit compenser ce manque. (Figure n° 1)

Lorsque la couche de crépisage est résistante, mais comporte des fissures, on déduit que le mélange renferme une quantité importante de chaux, en conséquence, il faut diminuer la proportion de la chaux dans le mélange. (Figure n° 3)

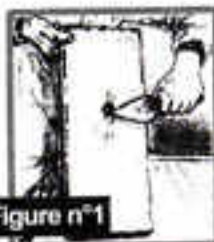


Figure n°1

Quantité insuffisante de chaux dans le mortier



Figure n°2

Mortier de bonne qualité et équilibré



Figure n°3

Mortier renfermant une quantité importante de chaux

Si la couche crépissant la face de la brique, est dure sans qu'il y ait de fissures, il est recommandé d'adopter les proportions volumiques utilisées dans la préparation du mortier. (Figure 2)

02 TRAVAUX DE PAVAGE

a Décapage du sol

Avant de commencer le décapage du sol, et au cas où des pierres –en bon état– sont récupérées pour être replacées, il faut qu'elles soient d'abord numérotées et photographiées, avant toute extraction qui sera faite manuellement avec le maximum de précautions, afin d'éviter une éventuelle cassure.



Détérioration des différents réseaux à cause du décapage total du sol

Décapage du sol par étapes, la moitié de la rue, ou une partie seulement



- Le décapage du sol se fera par partie, plus ou moins grande, selon l'état des lieux concernés par le pavage, ainsi que l'importance du mouvement de circulation qu'il connaît. Ceci, pour préserver l'état des conduites mises à nu en surface d'une part, et d'autre part, protéger les soubassements des constructions des infiltrations d'eau, en cas de chute de pluie, tout en évitant de gêner la circulation pour une longue période.

- Le crépie des soubassements de façade, sera enlevé en forme d'une bande horizontale afin d'imbriquer les pierres aux soubassements des murs.

- Au cas où des rochers naturels se trouvent sur le sol et au bord des murs, il est nécessaire de les nettoyer, en les laissant en l'état (Leur état d'origine).



Au cas où des rochers naturels se trouvent sur le sol et au bord des murs, il est nécessaire de les nettoyer, en les laissant en état initial.



Il faut organiser le chantier de façon à paver le chemin dans la première moitié consacrée aux travaux et au dépôt des matériaux. La seconde moitié sera réservée aux passants, afin de faciliter le trafic en même temps que la pose du pavage dans d'excellentes conditions. Sans omettre de clôturer ou d'obstruer la zone réalisée pour empêcher toute circulation avant la fin de tous les travaux.

b Organisation du chantier

L'organisation du chantier est l'un des facteurs importants, qui garantissent le bon déroulement des travaux, particulièrement lors du pavage des anciens quartiers où se trouve un nombre important de piétons avec des passages étroits. En conséquence, l'artisan devra :

- ◆ Diviser le chemin en deux parties, afin de paver d'abord, une moitié, tout en réservant la deuxième pour la circulation.
- ◆ Stocker les matériaux de construction, dans des espaces assez grands, en dehors du chantier. Des quantités limitées aux besoins quotidiens, seront ramenées et déposées à proximité des travaux.
- ◆ Réaliser les travaux de pavage par étape de sorte à éviter l'occupation de larges portions des rues pour de longues périodes.

En outre, les conduites dénudées ne seront pas exposées aux risques d'usure, les soubassements du bâti voisin seront épargnés de l'humidité, en cas de chute de pluies, ou d'infiltrations soudaines.

- ◆ Diviser les grandes places en parcelles entourées et clôturées, empêchant ainsi l'incursion des piétons, les travaux se dérouleront étape par étape.
- ◆ Dans le cas de rues pavées d'une manière traditionnelle, les travaux d'extraction seront réalisés avec beaucoup de doigté dans l'objectif de préserver les anciennes pierres - en bon état - pour les réutiliser une nouvelle fois.

c Préparation du sol

Avant de commencer le pavage, l'état des différents réseaux souterrains, doit être vérifié, dans l'objectif d'éviter des travaux de fouilles, après le pavage, attendu que :

- ◆ Les anciennes canalisations dégradées doivent être renouvelées.
- ◆ La plus grande attention devra être consacrée à la préservation des canalisations durant le décapage. Au cas où un incident se produit, le remplacement devra se faire immédiatement.
- ◆ Il est indispensable de vérifier l'état de tous les regards d'assainissement et les avaloires de drainage des eaux pluviales avant les travaux de pavage.
- ◆ Le sol sera nivelé avec du sable fin, arrosé et bien compacté, sans perdre de vue le rétablissement des anciens niveaux et pentes du chemin.

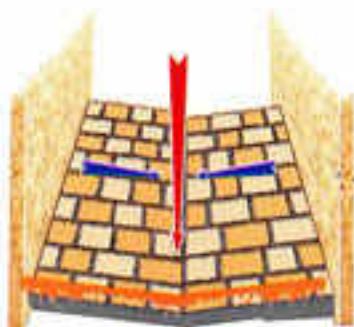
Remarque: Cette phase se déroulera en coordination avec les différents services concernés.



d Détermination des axes

La délimitation de l'axe de la rue se fait au milieu de la voie en plusieurs endroits, surtout en cas de changement de directions ou de largeurs de rues, puis aligner les points pour déterminer l'axe.

Le pavage commence de l'axe de la rue vers le côté des murs de façades avec une légère pente. Puis la deuxième partie sera exécutée de la même manière et d'une façon symétrique par rapport à l'axe, pour diriger les eaux pluviales vers le centre de la rue, et protéger les murs de façades.



e La disposition des pierres

pierres seront disposées, selon les étapes suivantes:

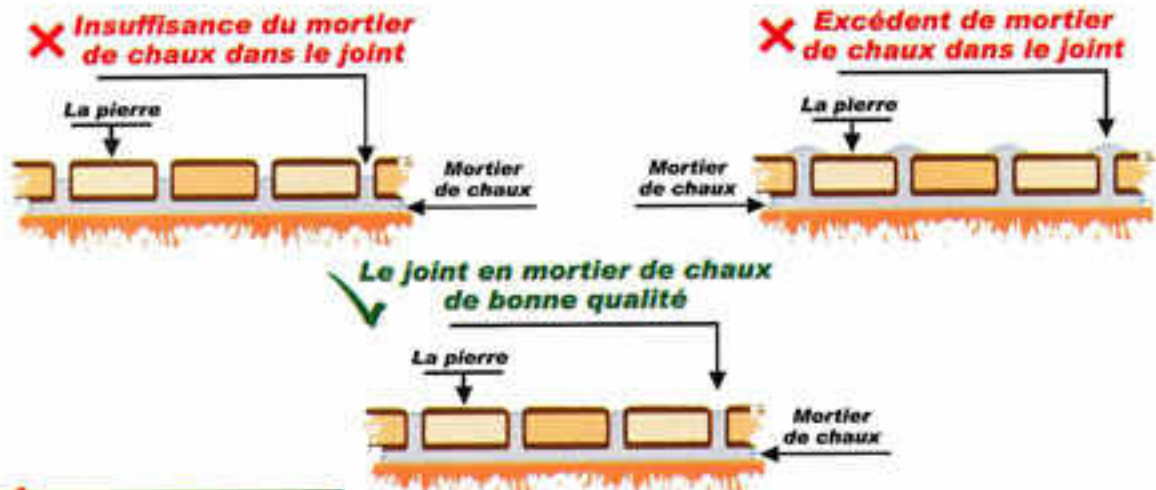
- 1- Nettoyage complet du sol.
- 2- Nivellement du sol avec du sable fin, l'arroser et bien le compacter.
- 3- Déposer une quantité de mortier de chaux, d'une épaisseur de 5cm, (ni sec ni visqueux).
- 4- Les pierres doivent être nettoyées des déchets qui s'y trouvent auparavant.
- 5- Plonger les pierres une par une, dans l'eau, puis les placer sur le mortier de chaux, pour qu'elles soient stables et bien fixées. Les anciennes pierres doivent être redéposées conformément à leur numérotation.
- 6- Marteler légèrement la pierre pour être bien fixée, ses extrémités seront corrigées avec le marteau et le burin. Pour s'assurer de l'orientation de la pente, on utilise une planche et un appareil à niveau.
- 7- Exécuter les joints en ajoutant le mortier de chaux aux espaces séparant les pierres, de façon, à ne laisser qu'environ 0,5 cm.

Remarque: La circulation, tant ordinaire que mécanique, sera interdite sur toute la surface réalisée, pendant 24 heures, pour une cohérence parfaite du sol.

f Exécution des joints

Les pierres sont séparées par un vide, ne dépassant pas 1 cm de large. L'axe de la rue représente le joint principal et continu du début, jusqu'à la fin de la rue, et les joints secondaires sont perpendiculaires à l'axe, auront l'apparence de lignes imbriquées entre elles. Il en résultera, des jointures ramifiées, perpendiculaires et adossées aux séparateurs secondaires, et parallèles à l'axe, distancées les unes par rapport aux autres selon la longueur des pierres. Enfin, cette œuvre aura l'apparence d'une très belle mosaïque en harmonie tant en volume qu'en dimensions.





9 Nettoyage des pierre

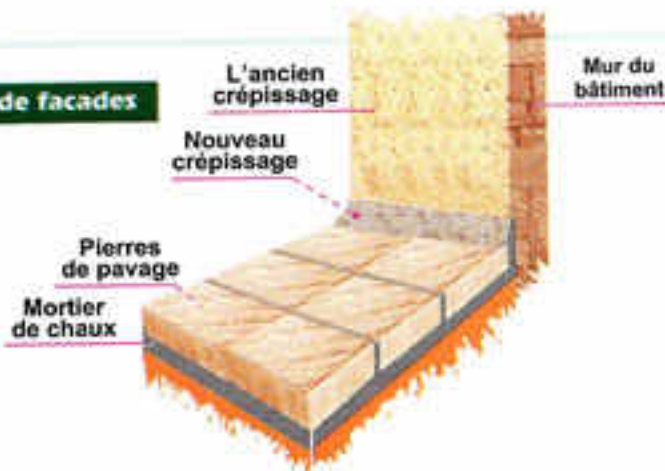
A la fin de l'opération du pavage, la surface sera laissée -quelques temps- pour séchage, puis il sera procédé au nettoyage des pierres avec une brosse ou un balai, pour faire apparaître le joint et les bordures de la pierre dans un état de propreté.

Il est préférable que cette opération soit réalisée en deux ou trois fois, pendant la journée, afin d'éviter le séchage du mortier sur les pierres, ce qui gênera beaucoup le nettoyage.



h Traitement des soubassements de façades

A la fin du pavage du sol, il est indispensable de nettoyer la bande horizontale qui a subi un décapage, sur tout le long du soubassement des façades puis elle sera arrosée avec de l'eau. Elle sera crépée et bien aplani, en utilisant une éponge mouillée, de sorte qu'elle empêche toute infiltration au mur. (Voir le schéma).



i Ajustements des seuils

La restauration des seuils de maison, sera réalisée selon la méthode traditionnelle, avec une pierre longue, à défaut deux pierres pour les entrées assez large, qu'il faudra bien planter dans le sol. La hauteur sera d'environ 15 centimètres, au-dessus de la surface pavée.



j Réalisation des marches d'escaliers

Il faudra s'assurer - dans la réalisation des marches d'escaliers - du respect de la même forme, volume et

des mêmes techniques suivies dans le pavage du sol, la conservation du joint central dans sa continuité, ainsi que la pente des deux côtés de la rue vers le milieu, tout en jointant les pierres aux soubassements des murs. Par ailleurs, appliquer des techniques spéciales aux marches telles que: réduire au maximum la hauteur de la marche, de sorte que la pierre soit placée horizontalement sur son bord. Au cas où la hauteur de la marche dépasse l'épaisseur de la pierre, il est recommandé de placer les pierres verticales, bien ancrées dans le sol. Ces précautions visent à protéger les bords de la détérioration, en donnant aux marches une longue résistance, et une belle apparence.



Légère pente juste pour diriger l'eau vers le milieu de la marche

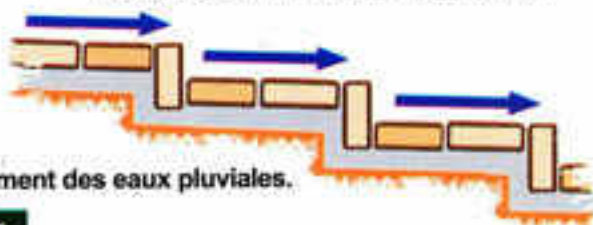
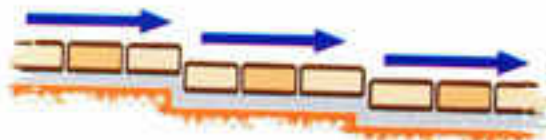
Il faut éviter de positionner un regard d'assainissement entre deux marches successives.



Lorsque la hauteur de la marche ne dépasse pas l'épaisseur de la pierre celle-ci se pose horizontalement même sur les bordures.



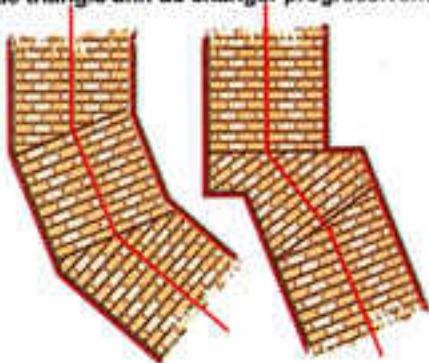
Lorsque la hauteur des marches dépasse l'épaisseur de la pierre disposée au bord de la marche, il faudra la placer verticalement pour assurer la stabilité des marches.



Légère pente facilitant l'écoulement des eaux pluviales.

K Traitement des pierres dans les tournants

Conserver le joint central dans les tournants, sans discontinuer. les joints secondaires seront perpendiculaires au joint central. en cas de changement de direction, il sera permis de découper la pierre sous forme de triangle afin de changer progressivement la direction.



1 Le pavage des places

Il faut s'assurer de conserver la forme originale du sol de la place en ce qui concerne la pente ainsi que tous les autres détails, notamment l'écoulement des eaux pluviales, comme il est possible de l'aménager d'une manière adéquat, surtout lorsqu'elle a subi des modifications récentes.

Remarque: il faut respecter les niveaux et la pente pour faciliter l'écoulement des eaux pluviales



03 RECOMMANDATIONS

Pour garantir la durabilité et la solidité du pavage en pierre, il faut prendre les dispositions nécessaires en vue de sa protection, de toute préparation de mortier ou de produits colorés sur le pavage, et éviter tous travaux de fouilles quel qu'ils soient.

En cas de nécessité absolue, enlever soigneusement les pierres de la surface concernée par les travaux tels que : réparation des fuites d'eau, ou installations de canaux, puis remettre le pavage en place, immédiatement, conformément aux normes techniques.

Pour la réalisation du pavage en pierres, ou le repavage des surfaces endommagées, il y a lieu de confier les travaux à une main-d'œuvre qualifiée.



PAVAGE EN PIERRE

Supervision:

- **BABANEDJAR Younes:** Directeur de l'Office de Protection et de Promotion de la Vallée du M'Zab

Présentation:

- **LALOUT Bahmed** Architecte
- **BAGHBAGHA Abdelaziz** Attaché de conservation

Révision technique:

- **MOUSSELMAL Bahmed** Architecte
- **HAMMOUABDELLAH Balhadj** Architecte
- **BOUAROUA Nouredine** Ingénieur en génie civil

Photographie:

- Archives de l'Office de Protection et de Promotion de la Vallée du M'Zab.

Référence:

- Ce guide a été réalisé conformément à l'expérience des artisans locaux traditionnels. (les Maâlim)

Traduit par: BAMMOUNE Mohamed ben Yahia

OPVM OFFICE DE PROTECTION ET DE PROMOTION DE LA VALLEE DU M'ZAB

Cet établissement a œuvré – depuis sa création en 1970 – sous le nom de : « ATELIER D'ETUDES ET DE RESTAURATION DE LA VALLEE DU M'ZAB ». Il a été promu –en 1992- OFFICE DE PROTECTION ET DE PROMOTION DE LA VALLEE DU M'ZAB. Il agit sous la tutelle du Ministère de la Culture en vue d'informer et de sensibiliser l'environnement de la nécessité de sa participation à la conservation de l'héritage civilisationnel de la VALLEE DU M'ZAB, comme élément fondamental des facteurs de développement durable. En essayant –par tous les moyens- de le rapprocher du citoyen, en œuvrant à découvrir ses trésors cachés, en comprenant son importance et en le faisant connaître.

Puis veiller à sa conservation à travers les différentes opérations de restauration, tout en cherchant à les valoriser pour en tirer le maximum d'avantages conformément aux textes législatifs promulgués dans ce cadre.



OFFICE DE PROTECTION ET DE PROMOTION DE LA VALLEE DU M'ZAB

32, Rue de la Palastine, Ghardaïa
Tél: (213) 29 88 44 54
Fax: (213) 29 88 25 48
Email: opvm@m-culture.gov.dz
Site: www.opvm.dz