



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة غرداية

N°d'enregistrement

Université de Ghardaïa

/...../...../...../...../.....

كلية العلوم والتكنولوجيا

Faculté des Sciences et de la Technologie

قسم الري والهندسة المدنية

Département Hydraulique et Génie Civile

## Mémoire

Pour l'obtention du diplôme de Master

Domaine: Sciences et technologie

Filière: Génie Civil

Spécialité: Structures

### Thème

Étude des matériaux et techniques de réhabilitation  
de la place du marché de Ghardaïa

Soutenu le : 09/06/2024

Par

- HERIZ Ameer
- HOUDJEDJE Hammou

Le jury composé de :

M<sup>me</sup>. Matallah Zineb

M.A.A

Université de Ghardaïa

Présidente

M<sup>r</sup>.LarouiAbdelbasset

M.A.A

Université de Ghardaïa

Examinateur

D<sup>r</sup>.CadyMokhtaria

M.A.B

Université de Ghardaïa

Encadreur

Année universitaire 2023-2024

# Remerciements

Au terme de notre travail, on tient à exprimer nos remerciements les plus sincères et les plus profonds, tout d'abord au bon dieu le tout-puissant.

Nous tenons à présenter nos sincères remerciements à notre encadreur **D<sup>r</sup>CadyMokhtaria**, Pour avoir accepté de nous encadrer et pour les précieux conseils et recommandations qu'elle nous a prodigués tout au long de la réalisation de notre projet de recherche.

Nous remercions également tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet, en particulier :

Monsieur **Abdelaziz BAGHBAGHA**, Attaché de conservation, Responsable du patrimoine local, **OPVM** Ghardaïa, pour ses explications qui nous ont grandement aidés à élaborer la méthodologie de cette recherche.

Monsieur **Bahmed MOUSSELMAL**, Architecte, Gérant du bureau d'études spécialiste de la conservation patrimoine, pour sa collaboration et son aide.

Monsieur **HocineNEMMOUR**, Chef de projet, Ancien chef de division, **URBAT**Tlemcen, Unité de Ghardaïa, pour ses judicieux conseils en tant que responsable technique, qui ont contribué à alimenter notre réflexion technique.

À tout le personnel de l'Office de protection et de promotion de la vallée du M'zab.

À tout le personnel du Centre d'Etudes & de Réalisation en Urbanisme -Tlemcen.

À tous les enseignants de la faculté des sciences et technologie de l'université de Ghardaïa.

## Dédicaces

*C'est avec une grande fierté que je dédie ce modeste travail à :*

*A mes parents, ma mère et mon père, que Dieu ait pitié d'eux ;*

*A toute ma famille, particulièrement mes enfants **Marouane, Amina et Sofiane** ;*

*Et à toutes les personnes qui ont pu m'apporter aide pour que je puisse réaliser ce travail de recherche de près ou de loin.*

***HERIZ Ameur***

## Dédicaces

*C'est avec une grande fierté que je dédie ce modeste travail à :*

*A mes honorables parents, mon père et ma mère, que Dieu prolonge leur vie ;*

*A mon honorable épouse, à toutes mes sœurs, mes frères ;*

*Et à tous mes amis, Et tous ceux qui m'ont appris quelque chose au cours de mon parcours universitaire.*

***HOUDJEDJE Hammou***

## Résumé

Le présent travail s'inscrit dans la problématique de la sauvegarde des espaces patrimoniaux. Notre spécimen est la place du marché de Ghardaïa qui se situe dans la vallée de m'Zab, un site patrimonial par excellence classée comme patrimoine national en 1971 et classé comme patrimoine universel de l'UNESCO en 1982. Dans le souci de préserver l'urbanisme et l'architecture vernaculaire, La place du marché a bénéficié de deux opérations de restauration et de réhabilitation. Aujourd'hui, Après vingt-deux (22) ans, il a été constaté que plusieurs sections de pavés, ainsi que les parois entourant la place, se sont dégradées. D'après le diagnostic de terrain, les entretiens menés auprès des services techniques de l'OPVM et les observations par questionnaire auprès des occupants du marché, il a été constaté que ces dégradations étaient dues au manque d'entretien régulier et à l'irrationnelle utilisation de cet espace patrimonial par les commerçants. Ce site a donc besoin d'être restauré. On a établi une étude de pathologique au niveau de façades, nous avons recensé plusieurs problèmes de catégories des dégradations de pavés en pierre, nous avons étudié les matériaux et les techniques exploités, afin de proposer pour chaque dégradation relevée une solution technique qui soit conforme aux caractéristiques des matériaux locaux. De même, nous n'excluons pas, dans certains cas, la possibilité de remédier à ces pathologies en utilisant les techniques et les matériaux dits "modernes", à la condition de préserver l'aspect architectural local.

**Mots-clés:** Réhabilitation, Matériaux locaux ; chaux vive ; chaux éteinte ; pathologies ; restauration ; patrimoine vernaculaire.

## ملخص

يندرج هذا العمل في إطار إشكالية الحفاظ على المساحات التراثية. نموذجنا هو ساحة سوق غرداية التي تقع في وادي المزاب، وهي موقع تراثي بامتياز تم تصنيفه كتراث وطني في عام 1971 و صنفته اليونسكو كتراث عالمي في عام 1982. و من أجل الحفاظ على التعمير والهندسة المعمارية المحلية، استفادت ساحة السوق من عمليتي ترميم و إعادة تأهيل. واليوم، وبعد مرور اثنين و عشرين (22) عاماً، يلاحظ تدهور عدة أجزاء من الرصف الحجري، وكذلك الجدران المحيطة بالساحة. وبحسب التشخيص الميداني والمقابلات التي أجريت مع المصالح التقنية لديوان حماية و ترقية سهل وادي مزاب والملاحظ اتعبير الاستبيان مع شاغلي السوق، لوحظ أن هذه التدهورات جاءت بسبب عدم الصيانة الدورية و الاستخدام غير الرشيد لهذا الفضاء التراثي من قبل التجار و مستعملي السوق. ولذلك يحتاج هذا الموقع إلى ترميم. قمنا بإجراء دراسة تقنية للأمراض على مستوى الواجهات، وحددنا عدة فئات من تدهورات حجارة الرصف، وقمنا بدراسة المواد والتقنيات المستخدمة، من أجل اقتراح حل تقني لكل تدهور يتوافق مع خصائص المواد المحلية. كما أننا لا نستبعد، في حالات معينة، إمكانية علاج هذه الأمراض التقنية باستخدام التقنيات والمواد "الحديثة"، بشرط الحفاظ على الجانب المعماري المحلي.

**الكلمات المفتاحية :** إعادة التأهيل، المواد المحلية، الجير الحي، الجير المطفأ، الأمراض، الترميم، التراث المحلي.

## **Abstract**

This paper aims to study how to safeguard the heritage spaces. The case study is the Market square located in the M'Zab valley in Ghardaia, a heritage site par excellence classified as national heritage in 1971 and classified as universal heritage by UNESCO in 1982. In order to Sustain the town planning and vernacular architecture, The market square has benefited from two restoration and rehabilitation operations. Today, after twenty-two (22) years, it has been noted that several sections of paving stones, as well as the walls surrounding the square, have deteriorated. According to the field diagnosis, the interviews carried out with the technical services of the OPVM and observations which have come out with by questionnaire from market occupants, it was noted that these deteriorations were due to the lack of regular maintenance and the irrational use of this heritage space by traders. This site therefore needs to be restored. a pathological study was established at the level of facades Miscellaneous problems of degradation of stone pavers stones were identified, All the materials and techniques used have been deeply studied, For each degradation detected, a technical solution which complies with the characteristics of local materials was proposed. Likewise, , in certain cases, the possibility of remedying these pathologies using so-called "modern" techniques and materials, on the condition of preserving the local architectural aspect. was not excluded.

**Keywords:** rehabilitation; local materials; quicklime ; slaked lime ; pathologies ; restoration; traditional heritage.

## Sommaire

Remerciements .....	I
Dédicaces .....	II
Résumé.....	IV
الملخص.....	V
Abstract.....	VI
Liste des tableaux.....	XI
Liste des figures .....	XII
Liste des photos .....	XIII
Liste des notions .....	XVI
Introduction générale .....	1
1. Contexte de l'étude .....	2
2. Objectif de l'étude .....	3
3. Questions de départ.....	3
4. Hypothèses de la recherche.....	4
Démarche méthodologique .....	5
1. Méthodologie de la recherche .....	5
2. Collecte des données .....	5
3. Approche pratique de la recherche .....	6
4. Traitement et analyse des données .....	7
5. Structure du mémoire.....	7
Chapitre 1 Etats de l'art .....	9
1.1. Introduction .....	9
1.2. définitions .....	9
1-2-1- la restauration.....	9
1-2-2- la réhabilitation .....	9
1.3. Le cadre technique de la recherche.....	10
1.4. Les études antérieures .....	10
Conclusion .....	21
Chapitre 2 : Interventions et stratégies menées sur le patrimoine de souk.....	22
2-1-Introduction.....	22
2-2-Présentation du site .....	22
2-2-1- Situation géographique de la région de Ghardaïa .....	22



2-2-2- Présentation le site de l'étude .....	23
2-3- Les principaux objectifs de la réhabilitation .....	26
2-4-Ouverture et installation de chantier .....	27
2-4-1- Traitement des façades entours de la place du marché .....	28
2-4-1-1-Les Interventions au niveau de façadesentours de la place .....	28
2-4-1-2-L'évaluation de l'état des façades et la planification des travaux .....	30
2-4-2-Travaux de la rénovation des réseaux divers .....	32
2-4-3- Les travaux de pavage en pierre naturelle locaux taillée .....	35
2-4-4-Extraction et préparation le pavé come un produit fini .....	36
A-Gisement de la carrière .....	36
B- Extraction et fabrication des produits en pierre naturelle .....	37
B-1- Extraction des matériaux .....	37
B-2- Fabrication .....	37
B-2-1- Méthode traditionnelle .....	37
B-2-2- Méthode de découpage mécanique .....	38
Chapitre 3 : Gestion et modes d'exécution de pavés en pierre .....	41
3-1-Introduction .....	41
3-2-Intervention et plan d'action des travaux sur chantier .....	41
3-2-1- La gestion de l'opération .....	41
3-2-2-Décapage de l'ancien pavage.....	42
3-2-3-Terrassement, Nivellement et Compactage .....	43
3-2-4-Choix des repères de référence pour lesaltitudes .....	44
3-2-5-Choix le plan de l'appareillage des pavés en pierre .....	47
3-3-Travaux de réalisation des pavés .....	47
3-3-1- Matérialisation les axes de niveau et d'alignement .....	47
3-3-2-Mise en œuvre de la couche de pose .....	50
A-Matériaux de la couche de pose.....	50
B-Méthode de préparation de la couche de pose .....	50
B-1-Préparation le lait de chaux .....	50
B-2-Préparation le mortier de chaux .....	50
B-3-Préparation le mortier de bâtard .....	52
B-4 -Pose de pavés .....	53
B-5-Jointement des pavés .....	56
Conclusion .....	61

Chapitre 4 Caractérisation des matériaux en pierre .....	62
4-1-Introduction .....	62
4-2-Caractérisation des éléments de pavés et essais .....	62
4-3- les caractéristiques géotectoniques et géométriques de la pierre .....	63
4-3-1-Pavés .....	63
A- Dimensions .....	63
B- Couleur .....	64
C- Type .....	64
C-1- Le pavé platine .....	64
C-2- le pavé oblong .....	64
4-3-2-Bordures .....	64
4-4-Essais liés à l'utilisation de la pierre naturelle en voirie .....	64
4-4-1-Les essais déterminant la performance à l'usage .....	65
A-Essai de résistance à la compression .....	65
B- La résistance à la flexion .....	66
4-4-2-Essais des caractéristiques physiques .....	67
4-4-3-Essais de durabilité .....	67
4-4-4-Comptage provisoire de trafic de la place du marché .....	67
4-5-Caractérisation de la chaux .....	69
4-5-1-Propriétés de la chaux en pierre dans les mortiers .....	70
4-5-2-Prise et durcissement des mortiers .....	70
Conclusion .....	71
Chapitre 5 Entretien et réparation des dégradations .....	72
5-1- Introduction .....	72
5-2- Entretien et réparation des dégradations .....	72
5-2-1- Les dégradations et l'entretien .....	72
A - L'entretien préventif .....	73
B - L'entretien curatif .....	73
C - Le nettoyage des pavés .....	73
5-2-2 -Principales dégradations observées au niveau de pavés .....	74
A - Perte de cohésion structurale .....	74
A-1- Description du dommage et de ses causes .....	74
A-2- Solution de réparation .....	76
B - Déformation de défaut d'uni transversal .....	77

B-1- Description du dommage et de ses causes .....	77
B-2- Solution de réparation .....	78
C- Déformation de défaut d'uni longitudinal .....	79
C-1- Description du dommage et de ses causes .....	79
C-2- Solution de réparation .....	80
D- Déformations locales.....	80
D-1- Description du dommage et de ses causes.....	80
D-2- Solution de réparation .....	81
E- Dégradation d'un élément .....	82
E-1- Description du dommage et de ses causes .....	82
E-2- Solution de réparation .....	85
F- Mauvaise évacuation des eaux .....	86
F-1- Description du dommage et de ses causes .....	86
F-2- Solution de réparation .....	88
G- Dégradations locales avec perte de matériau .....	88
G-1- Description du dommage et de ses causes.....	88
G-2- Solution de réparation .....	89
5-2-3- Les dégradations observées au niveau des façades .....	90
A-Dégradation le soubassement des colonnes .....	90
A-1- Description du dommage et de ses causes.....	90
A-2- Solution de réparation .....	92
B-Dommages au crépissage des colonnes .....	93
B-1- Description du dommage et de ses causes.....	93
B-2- Solution de réparation .....	93
C-Dégradation d'une partie des crépissages de la façade .....	94
C-1- Description du dommage et de ses causes.....	94
C-2- Solution de réparation .....	96
D-Fissuration au niveau de la façade .....	97
D-1- Description du dommage et de ses causes.....	97
D-2- Solution de réparation .....	98
Conclusion .....	98
Conclusion générale.....	100
Bibliographie .....	103

## Liste des tableaux

---

### Chapitre 3

Tableau 3.1 : Les entreprises de réalisation la place du marché.....	41
--	----

### Chapitre 4

Tableau 4.1 : Classes d'utilisation et résistances à la compression minimales .....	65
---	----

Tableau 4.2 : Classes d'utilisation et charges de rupture minimale exigée .....	66
---	----

Tableau 4.3 : comptage de trafic de la place du marché le 27/03/2024.....	68
---	----

Tableau 4.4 : comptage de trafic de la place du marché le 30/03/2024.....	69
---	----

### Chapitre 5

Tableau 5.1 : mortier de ciment en trois couches .....	94
--	----

# Liste des figures

---

## Chapitre 1

Figure 1.1 : Perspective de l'ensemble .....	11
Figure 1.2 : Site de Centre historique d'Alep .....	14
Figure 1.3 : Plan de la médina de Kairouan et itinéraire de la rue.....	16
Figure 1.4 : Plan d'intervention pour réhabiliter les rues de Sousse. ....	19

## Chapitre 2

Figure 2.1 : Situation de la wilaya de Ghardaïa.....	22
Figure 2.2 : La vallée de M'zab .....	24
Figure 2.3 : Plans de masse de la Place du marché.....	25
Figure 2.4 : Les façades de la place du marché .....	28

## Chapitre 3

Figure 3.1 : Coupe transversale de pavés en pente .....	44
Figure 3.2 : Préparation de la pâte de mortier bâtard.....	53
Figure 3.3 : Nichage des pavés dans la couche de pose .....	54

## Chapitre 4

Figure 4.1 : Plan de circulation mécanique dans la place du marché .....	63
--	----

## Chapitre 5

Figure 5.1 : Principales dégradations de pavés .....	74
Figure 5.2 : Remplissages les joints.....	76
Figure 5.3 : Chape en Béton Armé au-dessus du mur d'acrotère .....	96

# Liste des photos

---

## Chapitre 1

Photo 1.1: Souk EL- Ghzel, Marrakech avant la réhabilitation .....	12
Photo 1.2 : La place du marché EL- Ghzel, après la réhabilitation .....	13
Photo 1.3 : Activités commerciales de l'espace public .....	15
Photo 1.4 : Les corrections architecturales et les consolidations des murs .....	17
Photo 1.5 : les interventions et traitement des façades .....	18
Photo 1.6 : Les travaux de réhabilitation en cours sur chantier .....	20
Photo 1.7: Travaux de pavage en pierre des rues .....	21

## Chapitre 2

Photo 2.1 : Ksar de Ghardaïa .....	23
Photo 2.2 : Travaux de la conservation de l'endroit El-Huita .....	26
Photo 2.3 : Achèvement des travaux de conservation patrimoine «El-Huita » .....	26
Photo 2.4 : Démarrage des travaux de Décapage les façades .....	29
Photo 2.5 : Les corrections architecturales de la façade du siège du FLN .....	30
Photo 2.6 : Les corrections architecturales de la façade Nord-est .....	31
Photo 2.7 : la façade sud-ouest de la place marchée .....	31
Photo 2.8 : Achèvement des travaux de traitement de la façade nord-ouest .....	32
Photo 2.9 : Travaux de réseau d'assainissement .....	33
Photo 2.10 : Travaux de réseau d'assainissement .....	34
Photo 2.11 : Travaux de pose la conduite de réseau d'assainissement .....	34
Photo 2.12 : Etat de pavés avant les travaux de réhabilitation (partie Sud) .....	35
Photo 2.13 : Etat de pavés avant les travaux de réhabilitation (partie nord) .....	36
Photo 2.14 : Les techniques traditionnelles de taillage de la pierre .....	38
Photo 2.15 : Traçage les pierres .....	38
Photo 2.16 : Découpage les pierres .....	39
Photo 2.17 : Profondeur de Découpage .....	39
Photo 2.18 : Finalisation des pierres .....	40
Photo 2.19 : état final de pierres .....	40

## Chapitre 3

Photo 3.1 : Décapage de l'ancien pavage de la place du marché .....	42
Photo 3.2 : Nettoyage et Récupération des anciennes pierres .....	43
Photo 3.3 : Travaux de nivellement topographique et piquetage .....	43
Photo 3.4 : Travaux de pavés de la rigole .....	45

## Liste des photos

---

Photo 3.5 : Travaux de pavés de la rigole.....	46
Photo 3.6 : L'appareillage de type droit .....	47
Photo 3.7 : Matérialisation le niveau et l'alignement de pavés .....	48
Photo 3.8 : Matérialisation les axes et l'alignement de pavés .....	48
Photo 3.9 : Matérialisation des axes et de niveau et l'alignement de pavés .....	49
Photo 3.10 : Pavé prêt pour jointement en ciment.....	49
Photo 3.11 : Préparation le mortier de chaux.....	51
Photo 3.12 : Préparation plusieurs pâtes pour mortier de chaux .....	52
Photo 3.13 : Travaux de pose des pavés .....	55
Photo 3.14 : Humidification des pavés .....	57
Photo 3.15 : Humidifier préalablement le pavé avec de l'eau pure.....	58
Photo 3.16 : Jointement de pavés en mortier de ciment .....	59
Photo 3.17 : Travaux de pavé .....	60
Photo 3.18 : La place du marché après la réception provisoire des travaux.....	60
<b>Chapitre 4</b>	
Photo 4.1 : Stockage le pavé .....	64
<b>Chapitre 5</b>	
Photo 5.1 : Perte de cohésion structurelle due à une finition non soignée autour des points singuliers.....	75
Photo 5.2 : perte de cohésion structurelle due à un appareillage inadapté .....	75
Photo 5.3 : Perte de cohésion structurelle du pavé due à des joints trop larges, à des joints trop étroits .....	76
Photo 5.4: Un mauvais compactage.....	77
Photo 5.5: Défaut de pose de pavés .....	78
Photo 5.6: Défaut d'uni longitudinal .....	79
Photo 5.7: Déformation locale .....	80
Photo 5.8: déformations locales dues à une exécution peu soignée .....	81
Photo 5.9: Eclatement des pierres.....	82
Photo 5.10: Désintégration des pierres .....	83
Photo 5.11: Eclatement de pierres .....	83
Photo 5.12: Collecte des déchets ménagers .....	84
Photo 5.13: Collecte des déchets .....	85
Photo 5.14: L'avaloir est bouché.....	86
Photo 5.15: Dégradations résultant d'un mauvais d'évacuation .....	87

## Liste des photos

---

Photo 5.16: Avaloir en état dégradé.....	87
Photo 5.17: Restauration avec une chape de Béton .....	88
Photo 5.18: Des pavés de mauvaise qualité .....	89
Photo 5.19: Restauration avec une chape de Béton .....	89
Photo 5.20: Dégradation le soubassement des colonnes des façades .....	91
Photo 5.21: Des matériaux de construction hétérogène.....	92
Photo 5.22: Dommages au crépissagedes colonnes restaurées.....	93
Photo 5.23: Dégradation de la chape au dessus de mur d’acrotère .....	95
Photo 5.24: Dégradation d’une partie des crépissages .....	95
Photo 5.25: Fissures au niveau de la façade .....	97



## Liste des notions

---

**C.N.E.R.I.B A** : Centre national d'études et de recherche du bâtiment – Algérien ;

**OPVM** : Office de protection et de promotion de la vallée du M'zab –Ghardaïa. ;

**URBAT** : Centre d'Etudes & de Réalisation en Urbanisme – Tlemcen ;

**C.R.R** : Centre de recherches routières – France ;

**C.C.T.P** : Cahier des clauses techniques particulières ;

**C.C.T.G** : Cahier des Clauses Techniques Générales ;

**C.C.A.G** : Cahier des Clauses Administratives Générales ;

**PTV 842** :Les prescriptions techniques pour pavés de pierre naturelle– Belgique ;

**NF** : Normes Françaises ;

**NE** : Normes Européennes ;

**NBN** : Bureau de normalisation– Belgique ;

**C.C.T.G** : Cahier des Clauses Techniques Générales ;

**C.C.A.G** : Cahier des Clauses Administratives Générales ;

**ETP** : Entreprise de réalisation ;

**AEP** : Alimentation en Eau Potable ;

**VRD** : Voiries et Réseaux Divers ;

**E<sub>L</sub>** : Résistance à la compression ;

**M<sub>v</sub>** : La masse volumique en kg/m<sup>3</sup>.

**Introduction générale :**

# **Introduction générale :**

---

## **Introduction générale :**

Le vieux souk de Ghardaïa qui représente Ghardaïa dans l'imaginaire de beaucoup d'Algériens et d'étrangers, a subi un véritable changement par les travaux de réhabilitation. Celui ou celle qui se rend sur la place du marché n'aura pas le plaisir de fouiner à cause de ces travaux entrant dans le cadre de la nouvelle politique des autorités locales pour mettre fin à la dégradation de ces sites classés patrimoine national et mondial.

Après l'opération de restauration des façades entourant la place du marché en 1997, qui comprenaient le traitement des façades, des corrections architecturales, le renforcement des poutres et des murs et le plâtrage au mortier de chaux, et dans le souci de préserver l'architecture locale et embellir la ville, notamment la place du vieux souk, les autorités locales ont procédé, en 2002, à une étude approfondie avant de commencer les travaux de pavés en pierre naturelle locale traitée et taillée du vieux souk qui a subi avec le temps des endommagements, En raison de la mise en place des réseaux divers et des travaux d'entretien et de réparation de ces réseaux au cours des dernières décennies.

L'étude qui a été faite a démontré la vétusté des réseaux souterrains. Pour cela, Il a été décidé de réaliser une vaste opération de réhabilitation, qui comprenait le renouvellement des réseaux divers et le pavé en pierre locaux, Il est à signaler les travaux de réhabilitation de pavage en pierre taillé local, du site historique, la restauration et le traitement des façades ainsi que les principaux axes et des rues amenant vers le souk qui entrent dans le cadre des efforts engagés pour la conservation du patrimoine de ce site.

Aujourd'hui, après plus de 22 ans de travaux de réhabilitation, la place du marché se trouve en état de dégradation au niveau de plusieurs sections de pavage en pierre aussi au niveau des façades, cela est principalement dû au manque d'entretien permanent à l'égard de celui-ci.

La garantie de pérennité et de durabilité de ce site qui représente une grande page de l'histoire du pays et de la région, ainsi que la nécessité de transmettre un patrimoine bâti en bon état aux générations futures, ne peut s'effectuer qu'à la condition de participer activement à les sauvegarder et à les réhabiliter. Voilà pourquoi, il est intéressant de saisir cette problématique dans le cadre d'un mémoire de fin d'études en Master de Génie civil.

## **Introduction générale :**

---

Ce travail permettra d'évaluer l'expérience de réhabilitation réalisée précédemment à mettre en évidence les étapes exécutives de la réhabilitation et à étudier les matériaux locaux utilisés, d'une part, et de relever les différents dommages et pathologies et proposera des solutions techniques efficaces à sa réhabilitation, d'autre part.

L'originalité de cette recherche réside dans la reconnaissance et la prise de conscience collective envers ce site historique hérité de nos ancêtres, par leurs dimensions historique, architecturale et identitaire dans le but de leur conservation et mise en valeur. Ce travail n'est qu'une étape première, mais primordiale dans l'approche de conservation, qui va par la suite mener à la restauration et préservation.

### **1. Contexte de l'étude**

La dégradation, qu'elle soit due à des facteurs naturels ou humains, représente une menace pour notre patrimoine et entraîne la suppression de notre passé et de notre identité. L'absence d'une action de sauvegarde (marginalisation financière, sociale, stratégique) amplifie cet effet. Afin de résoudre cette situation de manière efficace, il est essentiel de passer à la réglementation et à une gestion réelle qui a des chances de faire fructifier l'opération de conservation du patrimoine et sa préservation.

Effectivement, depuis l'année 2000 et en tirant parti de la croissance économique, l'État reprend son intérêt pour les problématiques urbaines liées à la préservation du patrimoine.

Le succès de l'intervention réside dans la conservation du caractère ainsi que de l'aspect original de la place du marché de Ghardaïa, et ce, sur tous les points de vue.

La place du marché demeure le point de confluence de nombreuses ruelles qui accueillent tout type d'activités.

En raison de l'absence d'entretien régulier, les poteaux des arcades ont subi des dommages structurels avec des fissures sur les façades. De plus, plusieurs parties du pavage en pierre ont été endommagées lors de travaux de réparation du réseau d'alimentation en eau potable. De plus, un élément a été dégradé par des éléments endommagés, écaillés, éclatés, usés et perd sa cohésion structurelle en raison de joints trop larges.

# Introduction générale :

---

## 2. Objectif de l'étude

L'enjeu général de cette recherche est d'éclairer la gestion des interventions dans l'opération de réhabilitation antérieure de conservation du patrimoine à la place du marché de Ghardaïa. Nous verrons, que le management d'un projet demande des approches efficaces et nous renvoie à une même interrogation sur les stratégies des acteurs et les outils qui ont été mis en œuvre.

## 3. Questions de départ

Les diverses expériences dans les opérations de préservation du patrimoine permettent d'acquérir des connaissances et des informations sur la gestion de l'opération de réhabilitation en élaborant des clauses techniques et des instructions administratives qui contribuent à gérer et à contrôler les difficultés rencontrées lors de l'opération sur site.

Pour cela, la présente recherche ambitionne de répondre à la question principale suivante : « **Quelles stratégies ont été adoptées pour réussir à préserver le patrimoine de la place du marché ?** »

A travers cette question principale, plusieurs questions secondaires se posent, qui sont les suivantes :

- Les critères techniques des pavés en pierre de la place du marché ont-elles été respectées dans les limites de la fonction pour laquelle elle a été réalisée ?
- Dans quelle mesure les matériaux locaux satisfont-ils aux propriétés de résistance mécanique et de durabilité face aux différents facteurs d'agression naturels ?
- Quelles sont les solutions techniques pour intervenir et réparer les sections de pavés en pierre endommagées ?
- Quelles sont les solutions techniques efficaces pour traiter les façades endommagées sans compromettre le caractère traditionnel local patrimoine ?

## **Introduction générale :**

---

### **4. Hypothèses de la recherche**

- La réhabilitation requiert l'application de plusieurs principes et règles méthodologiques afin de guider la conception technique. Ces principes et ces règles ont une valeur relativement générale à partir desquels se réalisent les choix stratégiques concernant les objectifs à atteindre, les problèmes à résoudre, les moyens à mettre en œuvre et les opérations à engager.
- L'efficacité de la restauration d'un site patrimonial repose sur la compréhension des matériaux locaux et des techniques traditionnelles, la main-d'œuvre qualifiée, En plus d'identifier les raisons qui ont conduit à l'émergence de ces détériorations et les moyens de les éliminer.

## **Démarche méthodologique**

# Démarche méthodologique:

---

## Démarche méthodologique

### 1. Méthodologie de la recherche :

Afin d'atteindre notre objectif de recherche, la nature de notre mémoire de fin d'étude nous dicte, de suivre deux approches:

Une approche exploratoire consistera à mener une recherche théorique sur notre mémoire de fin d'étude. Cette approche consistera à évaluer l'expérience de réhabilitation antérieure d'un point de vue technique, à mettre en évidence les étapes exécutives de la réhabilitation et à étudier les matériaux locaux utilisés dans l'opération de réhabilitation du pavé en pierre et de restauration des façades entourant la place du marché. Tout cela sera réalisé dans un cadre technique afin de devenir un guide de bonne pratique pour toute personne impliquée dans un projet de réhabilitation en pierre naturelle locale et de traitement des façades.

L'autre approche à suivre, sera pratique, de terrain, elle consistera au moyen d'observations directes et de constatations sur le site, à relever les différents dommages et les différentes pathologies et proposera des solutions techniques efficaces à sa réhabilitation.

### 2. Collecte des données :

Dans nos recherches, des techniques et des méthodes ont été développées pour collecter des données :

- Des observations directes sur le terrain pour identifier les sections de dégradation appuyées par prendre des photos ;
- L'entretien oral en forme de questionnaire d'enquête avec les commerçants occupant la place du marché ;
- La recherche documentaire liée à la place du marché ;
- Les séances de travail avec des architectes chargés de la conservation patrimoine de l'office de protection et de promotion de la vallée du M'zab ;
- Un comptage temporaire du trafic sur la place du marché.



## Démarche méthodologique:

---

### 3. Approche pratique de la recherche :

Des visites de terrain ont été effectuées sur site et des séances de travail ont été organisées au siège de l'Office de protection et de promotion de la vallée du M'zab, La collecte de données s'est également faite à travers des observations et des enquêtes avec les commerçants qui occupent le marché.

Ces opérations se sont déroulées tout au long du mois de mars comme suit :

Le 03/03/2024 au siège de l'Office de protection et de promotion de la vallée du M'zab, nous avons eu une séance de travail avec l'architecte M<sup>r</sup> Abdelaziz Baghbagha, Responsable du patrimoine local, Il a donné une explication complète sur les opérations de restauration et de réhabilitation de la Place du Marché.

Une visite du 05/03/2024 sur le site de la place du marché, nous avons été observés et identifier les dégradations au niveau de plusieurs sections de pavage en pierre aussi au niveau des façades et des poteaux des arcades. Cette visite est considérée comme une visite exploratoire visant à identifier les localisations des dégradations.

Une deuxième visite sur site le 07/03/2024, des photos détaillées ont été prises pour de toutes ces dégradations, tant au niveau des pavés en pierre qu'au niveau les façades entourant la place du marché.

Une autre visite sur site le 11/03/2024 pour évaluer certaines dégradations de type perte de cohésion structurelle au niveau de parcelle nord ouest de la place du marché.

Des nouvelles visites de terrain le 14/03/2024 au 16/03/2024 pour menée une enquête auprès des commerçants qui occupent le marché, Cette enquête a été menée sur une période de trois jours.

Une science de travaux le 18/03/2024 au siège de l'Office de protection et de promotion de la vallée du M'zab, avec l'architecte M<sup>r</sup> Abdelaziz Baghbagha, Responsable du patrimoine local, Afin de recueillir plus d'informations en plus de répondre à quelques questions technique.

Un comptage temporaire du trafic sur la place du marché où ce travail a été réalisé du 27/03/2024, de six heures du matin à midi.

## **Démarche méthodologique:**

---

Pour la deuxième fois, Un comptage temporaire du trafic sur la place du marché où ce travail a été réalisé du 30/03/2024, De six heures du matin à midi et de six heures du soir à dix heures du soir.

### **4. Traitement et analyse des données :**

À travers des analyses les photos des dégradations et enquêtes sur le terrain et l'archive du site qui nous a été soumise par l'Office de protection et de promotion de la vallée du M'zab, et apprendre des études antérieures des projets similaires dans le domaine de la conservation du patrimoine, et sur la base normes européennes appliquées pour l'entretien et réparation dans la conservation des valeurs patrimoniales, Des solutions techniques avec une stratégie de gestion ont été proposées pour préserver le site patrimonial.

Nos études de terrain ont éclairé notre travail basé sur l'évaluation des expériences de réhabilitation antérieures, y compris les étapes de mise en œuvre et les techniques de réalisation et l'étude des matériaux locaux utilisés, qui sert de point de départ à un guide de bonnes pratiques pour toute personne impliquée dans un projet de réhabilitation du patrimoine.

### **5. Structure du mémoire :**

Notre étude sera organisée dans le présent mémoire comme suit :

- Une introduction générale, formulant et définissant notre sujet d'étude ;
- Une problématique, Il présentera la Contexte de l'étude, l'objectif de l'étude, les questions de départ, les hypothèses de la recherche ;
- Une démarche méthodologique, Il présentera la méthodologie de la recherche, la Collecte des données, l'Approche pratique de la recherche, le Traitement et analyse des données ;
- Première chapitre « Etude de l'art » Il destina à l'Historique de restauration et réhabilitation de site, le cadre technique de la recherche, les études antérieures similaires comme des expériences de réhabilitations, Ce chapitre représente la partie théorique du mémoire.
- Deuxième chapitre « Interventions et stratégies menées sur le patrimoine de souk » Nous aborderons les expériences menées en matière d'intervention sur le patrimoine de souk et démarche suivie lors de l'intervention pour redynamiser le marché.

## Démarche méthodologique:

---

- Troisième chapitre « Gestion et modes d'exécution de pavés en pierre»  
A travers ce chapitre, nous clarifierons les méthodes et modalités de mise en œuvre pour réalisés des pavés en pierre conformément aux normes techniques applicables.
- Quatrième chapitre « caractérisation des matériaux » Il destinera aux caractéristiques de la forme et de la nature et des dimensions de l'élément en pierre et les essais de performance à l'usage et de durabilité et les caractéristiques physiques de l'élément e pierre et les caractéristiques des matériaux locaux comme le sable et la chaux en pierre.
- Cinquième chapitre « réparation et entretien des dégradations » concerne à l'entretien et réparation les sections endommagées en pierre naturelle, principales et type dégradations et causes, Entretien préventif, mauvaise évacuation des eaux, et du diagnostic structurel des façades entourant la place en vue de leur restauration et de leur réparation.
- Une conclusion générale qui démarre de l'observation, traverse les différents chapitres, met en exergue l'apport personnel et le résultat de la recherche, renseigne sur les limites et ouvre des pistes de recherche pour le futur.

# **Chapitre 1 : Etats de l'art**

# Chapitre 1 : Etats de l'art

---

## Chapitre 1 : Etats de l'art

### 1-1-Introduction:

La place du marché de Ghardaïa se situe à la périphérie sud-ouest du Ksar. Fréquenté jadis par des commerçants caravaniers venus des territoires lointains, cette place demeure encore à ce jour le marché le plus important et le plus dynamique de toute la région. Cette place du marché a été fondée vers les années 1884. [1]

Depuis son existence, la Place du Marché a connu deux opérations. La première a été une opération de restauration réalisée en 1997, qui concernait les façades entourant la place, et comprenait des traitements et des corrections architecturales, La deuxième a été une opération de réhabilitation réalisée en 2002, qui comprenait l'ensemble des éléments constituant la place du marché, des travaux de la rénovation des réseaux divers et en fin des travaux de pavage en pierre naturelle locaux taillée.

### 1-2-Définitions :

**1-2-1-La restauration :** la restauration est définie Selon la **charte de Venise (1964)** comme une opération qui doit maintenir l'unicité de l'objet, Cette opération vise à conserver et révéler les valeurs esthétiques et historiques des monuments. **La charte de Burra (1979)** la considère comme une opération qui consiste« à ramener la matière existante d'un lieu ou d'un bien patrimonial, à un état antérieur connu en enlevant des ajouts ou en assemblant de nouveau des éléments existants déposés, sans introduire de nouveau matériel ». Pour **Merlin et Choay (1988)**, cette opération consiste à redonner à un édifice ou un ensemble d'édifices l'intégrité à toutes les parties perdues en utilisant des techniques adéquates. En effet, la restauration se base sur la sauvegarde et la mise en valeur des édifices et des lieux à caractères historiques qui ont un intérêt culturel, architectural et urbanistique.

**1-2-2-La réhabilitation :** La réhabilitation est définie selon **Merlin et Choay (1988)** comme un travail visant à transformer ou à modifier une pièce, un édifice ou un site dont le but est de lui rendre propre, confort et habitable, en assurant sa durabilité et en conservant l'aspect architectural de l'édifice. En effet, cette opération consiste à garder l'aspect extérieur et améliorer les conditions d'habitat et le confort intérieur. Elle touche aussi l'environnement immédiat, l'amélioration des infrastructures.

# Chapitre 1 : Etats de l'art

---

## 1-3-Le cadre technique de la recherche:

L'absence d'entretien régulier au cours des vingt deux dernières années a entraîné des dommages structurelles dans les poteaux des arcades avec des fissures au niveau des façades, aussi des dommages à plusieurs parties du pavage en pierre en raison de l'influence des charges de trafic plus élevées que prévu et aux impacts de pneus lors du freinage, Aussi en raison de travaux de réparation du réseau d'alimentation en eau potable à plusieurs endroits, et dégradation d'un élément par éléments endommages, écaillage, éclatement, usure et Perte de cohésion structurelle du pavé due à des joints trop larges.

La place du marché nécessite aujourd'hui une intervention urgente pour une vaste opération de restauration au niveau de toutes les parties dégradées, que ce soit au niveau des pavés ou des façades, Avec une étude détaillée des raisons qui ont conduit à cette détérioration et en y remédiant sous forme de mesures et de procédures dissuasives pour ceux qui en sont la cause.

Il est conseillé de se baser sur plusieurs principes et règles méthodologiques afin d'orienter la conception technique et la réalisation des opérations de restauration. Ces principes et ces règles sont assez généraux et sont utilisés pour prendre des décisions stratégiques concernant les objectifs à atteindre, les problèmes à résoudre, les moyens à mettre en place et les opérations à entreprendre.

Ce processus exige aussi une compréhension de l'utilisation des matériaux locaux et techniques, une main-d'œuvre compétente, des plans de planification et de mise en œuvre, ainsi que des méthodes traditionnelles de préparation et de fabrication des matériaux locaux.

## 1-4-Les études antérieures :

Notre recherche consiste à évaluer l'expérience de réhabilitation antérieure de la place du marché de Ghardaïa, d'un point de vue technique, et à réaliser un diagnostic pour étudier les raisons qui ont conduit à ces dégradations et proposer des solutions techniques efficaces avec des mesures et procédures obligatoires pour réduire ces dommages, afin de restaurer ce site, et le préserver en tant que site patrimonial. Sur cette base, quelques expériences de recherche réussies dans le domaine de la préservation du patrimoine ont été prises en considération dans la recherche d'une stratégie basée sur des facteurs de succès, qui incluent des études menées sur des points communs.

## Chapitre 1 : Etats de l'art

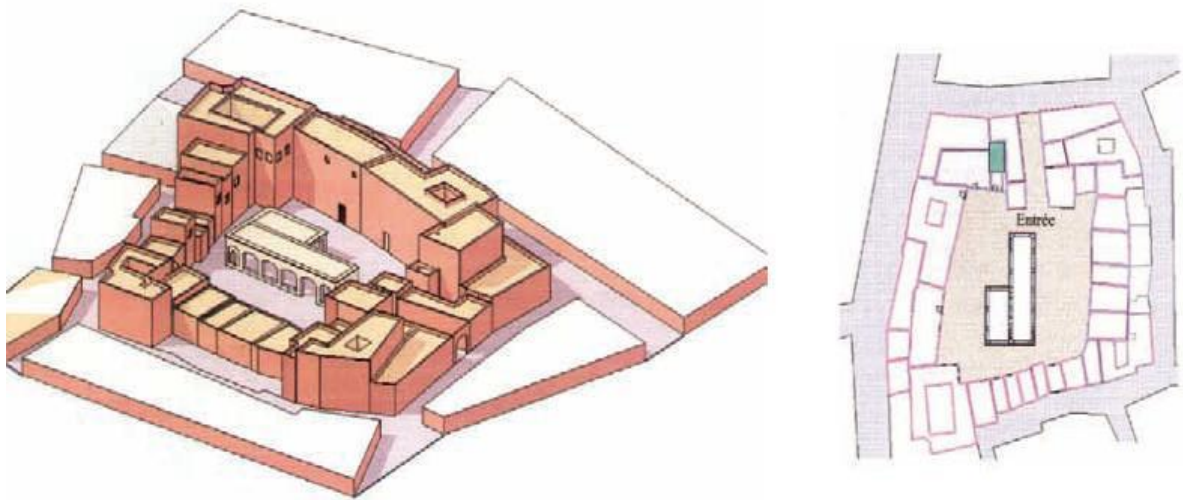
---

En lien avec notre sujet de recherche pour mieux illustrer le rôle et l'efficacité de la réhabilitation dans la protection et la valorisation du patrimoine. Le but est de tirer à travers ces exemples les stratégies adoptées, les retours d'expériences et les facteurs de réussite.

### **1ère étude : la conservation patrimoine et nouvelle vie pour un vieux marché :**

#### **Requalification et Mise en valeur de la place du souk El Ghzel, Marrakech (Maroc), 2003**

Cette étude porte sur la valorisation du patrimoine architectural du Souk el Ghzel, Marrakech, qui représente une place entourée de constructions comportant un rez-de-chaussée surmonté d'un seul étage, et il a une superficie approximative de 1200 m<sup>2</sup>. Les rez-de-chaussée sont occupés par des commerces alors que les premiers étages ne sont pas en rapport avec le marché ; de fait, il s'agit de façades aveugles avec seulement de petites ouvertures destinées à la ventilation, et non de véritables fenêtres donnant sur le marché. Au centre de la place, on trouve des pavillons de plan rectangulaire ne comportant qu'un rez-de-chaussée, avec des arcades de chaque côté autour desquelles se développe la vie quotidienne du marché. Toutes les couvertures de l'ensemble sont en terrasse plane.



**Figure 1.1 : Perspective de l'ensemble.** Source : [2]

La première étape pour revitaliser la place du marché et développer son activité commerciale à travers des travaux de réhabilitation a été d'améliorer les façades et de paver la place avec des pierres. Des données cruciales et très importantes ont été extraites, nécessaires pour définir les paramètres d'intervention.

## Chapitre 1 : Etats de l'art

---

C'est sur la base de l'information recueillie et en accord avec les autorités locales Deux objectifs principaux ont été identifiés :

1. La revitalisation de l'activité économique du souk grâce à la récupération des métiers traditionnels.
2. La récupération des façades du souk et les pavages en pierre et certains planchers détériorés qui menaçaient de ruine. L'objectif est ici d'offrir une plus grande attractivité, une meilleure vitalité et une bonne opérativité au marché afin qu'il récupère son activité.

Le souk ne présentait pas de graves problèmes structurels et la plupart de ses maladies étaient dues à l'absence d'entretien depuis plusieurs années. Les piliers des pavillons centraux et leurs arcades ont été consolidés. Les lieux dégradés ont été restaurés et certains chapiteaux des pilastres ont dû être entièrement reconstruits. Une opération similaire a été effectuée sur les arcades, où les parties les plus dégradées ont été remplacées. Avec le traitement des façades et des pavés, certains linteaux de bois pliés ont été remplacés par de nouveaux des troncs de palmier. et en fin la finition ont été réalisés en chaux.



**Photo 1.1 : Souk EL- Ghzel, Marrakech avant la réhabilitation.** Source : [2]

L'intervention a permis de réaliser les objectifs fixés. Le marché s'est redynamisé, il y a plus d'ordre et les conditions de travail se sont nettement améliorées.



## Chapitre 1 : Etats de l'art

---

Certes, en termes de tourisme, le marché s'est amélioré avec plus d'étrangers qu'auparavant. Après plusieurs années d'abandon, le processus de réhabilitation a permis de restaurer l'homogénéité du marché et de valoriser son caractère patrimonial.



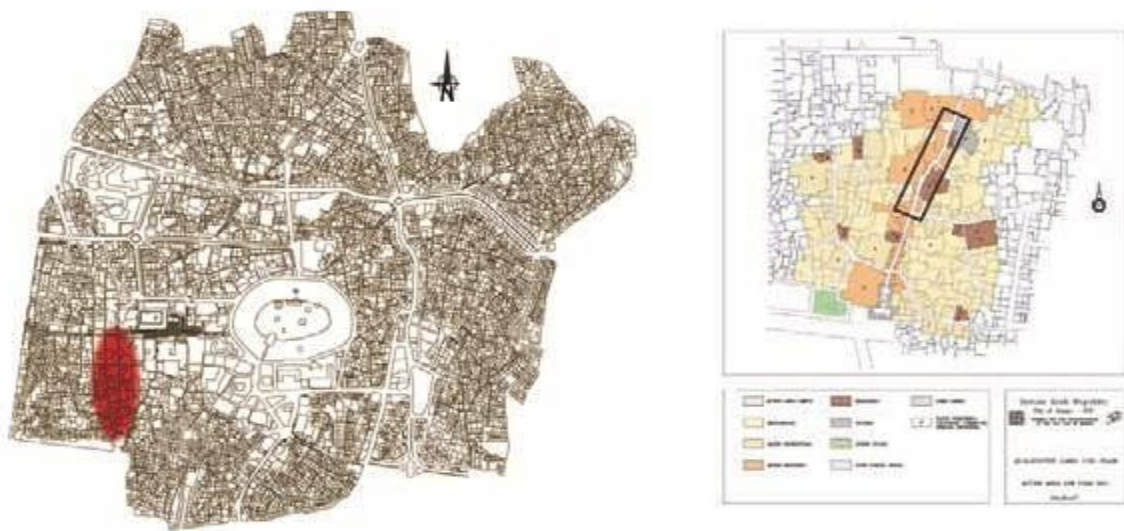
**Photo 1.2 : La place du marché EL- Ghzel, après la réhabilitation.** Source : [2]

La relation donc entre notre travail et ce travail est Très similaire La valorisation du patrimoine, la protection et la diffusion de ces sites historiques ont été rendues possibles grâce à l'utilisation de matériaux locaux, d'une main d'œuvre qualifiée et à la méthode de planification et d'élaboration d'un plan d'action, Tous ces facteurs ont grandement contribué au succès de ce projet et à sa sélection comme l'une des expériences de réadaptation sur lesquelles repose notre recherche.

# Chapitre 1 : Etats de l'art

## 2ème étude : Conservation patrimoine des sites historiques Réhabilitation de l'espace public de la rue Qinnisreen, Alep (Syrie) 2002

Cette étude porte sur La revitalisation le secteur urbain historique comprenait des objectifs de différente nature. L'objectif initial était de préserver le patrimoine de la place publique, de lui donner la capacité d'accueillir des activités favorisant la cohésion sociale et de stimuler la réactivation du commerce local. Les constructions qui étaient conformes à cette partie de la ville seraient physiquement récupérées. La rénovation complète des services urbains existants constituait aussi un objectif de vitale importance.



**Figure 1.2 : Site de Centre historique d'Alep.** Source : [2]

Les réseaux divers étaient en situation critique. Par ailleurs, les poteaux et les lignes électriques et téléphoniques qui étaient accrochés de manière anarchique aux façades devaient être réordonnés et conformes aux normes de sécurité en vigueur.

Les façades situées tout le long de l'axe ont été principalement touchées. Les menuiseries métalliques ont été remplacées par de nouvelles portes et fenêtres en bois, selon la tradition de construction du lieu.

## Chapitre 1 : Etats de l'art

---

Après le nettoyage des façades, ces fissures ont été réparées, les joints refaits et quelques pans de mur qui n'étaient pas faits avec les pierres de la façade ont été enduits. Un mortier bâtard a été utilisé pour toutes ces opérations et ne présente aucune incompatibilité avec l'ancien mortier.

Les couvertures près des façades donnant sur la rue ont été refaites et hermétiques. De plus, pour augmenter la résistance aux pluies, une série de descentes pluviales a été introduite et les gargouilles de pierre originales ont été réinstallées.



**Photo 1.3 : Activités commerciales de l'espace public.** Source : [2]

Le succès des travaux réalisés dépend avant tout de l'organisation des opérations séquentielles de la restauration et des matériaux d'origines de vieux de la place, Prendre en compte la continuité du processus de dégradation de cette place et de la prise de conscience de la valeur et de l'importance de son environnement habitable par les habitants du centre ancien. Malgré un budget limité et une intervention modeste, le projet est devenu un modèle de revalorisation physique et sociale qui pourra être appliqué dans le futur dans diverses parties du centre historique d'Alep.

Le projet a eu un impact considérable et a renforcé l'intérêt des autorités locales pour la réhabilitation de la région environnante.

Cette étude, nous a permis de déterminer la valeur importante de la bonne stratégie et la gestion du patrimoine qui conduit à la valorisation de ce dernier.

# Chapitre 1 : Etats de l'art

## 3ème étude : Conservation patrimoine : La réhabilitation d'un itinéraire patrimonial dans la médina de Kairouan, La rue du 7 Novembre à la Grande mosquée de Sidi Okba, (Tunisie) 2000

Cette étude porte sur la valorisation du patrimoine architectural de la rue du 7 Novembre à la Grande mosquée de Sidi Okba dans la médina de Kairouan Tunisie, cette rue clairement orientée vers l'ouest. Cet axe relie les deux portes principales de la ville et donne accès aux souks, situés au cœur du tissu urbain. Il y a des ramifications dans les rues principales, dont beaucoup se terminent en ruelles étroites sans qu'il y ait une hiérarchisation systématique de la structure routière.

Cette architecture spécifique justifie le classement de la Médina de Kairouan sur la liste du patrimoine universel de l'UNESCO de puis 1989. Celle-ci se caractérise par la spécificité de son tissu urbain traditionnel de type arabo-musulman, La médina de Kairouan se distingue par sa structure urbaine et fonctionnelle particulière, par la nature de la relation entre l'espace public et l'espace privé, ainsi que par ses caractéristiques typo-morphologiques.



Figure 1.3 : Plan de la médina de Kairouan et itinéraire de la rue Source : [2]

## Chapitre 1 : Etats de l'art

---

Pour toutes les interventions dans cet axe de de rue, le fil conducteur a été l'utilisation de matériaux locaux, en évitant l'incorporation de matériaux industriels, Où les fours traditionnels étaient utilisés pour préparé la chaux et le brique traditionnelle, Où les techniques et les matériaux locaux ont été préservés, dans les cas où cela a été possible, on a remplacé les systèmes constructifs contemporains incorporés récemment par d'autres plus conformes aux systèmes traditionnels.

Ces travaux comprenaient la réfection de l'étanchéité des tersasse accessibles et le traitement des façades et des corrections architecturales, consolidation des murs, crépissage en mortier à chaux, le but principal de cette opération est de restaurer les façades.



**Photo 1.4 : Les corrections architecturales et les consolidations des murs** Source : [2]

Une des difficultés du processus de réhabilitation de cette rue, la détérioration totale des câbles électriques aériens qui pendaient des façades des bâtiments, des façades ostensiblement vieilles, avec des couleurs diluées et sans la moindre vie, des murs particulièrement détériorés, sans même quelques restes de matériaux de revêtement et avec, de surcroit, une perte sérieuse des briques qui les composaient. De même, les façades ont été complètement défigurées par les différentes interventions effectuées par les propriétaires avec des matériaux modernes, tels que le ciment, élément incompatible avec les matériaux originaux des bâtiments, et qui leur donnait un aspect dépareillé et comme rapiécé. Aussi Le pavage connaît les mêmes problèmes il souffre d'un degré élevé de dégradation ou encore il est dénué de tout pavés. Les édifices publics, eux aussi, présentent les mêmes problèmes d'abandon et de laisser-aller.

## Chapitre 1 : Etats de l'art

---

Tous ces points ont contribué à la perte de l'authenticité de la médina et de son tissu urbain traditionnel.



**Photo 1.5 : les interventions et traitement des façades** Source : [2]

Les interventions visent principalement à relancer le tourisme culturel. En même temps, les actions affirmaient garantir l'amélioration des conditions de vie des résidents. Cette idée s'est concrétisée grâce aux actions suivantes. :

- Amélioration des infrastructures urbaines et des installations d'eau, d'électricité et de téléphone. Encastrement dans les murs des lignes téléphoniques et électriques qui étaient auparavant aériennes.

- Enduit au mortier de chaux de toutes les façades dégradées, Substitution des saillies de bois détériorées et reprise du pavage des rues.

- Restauration de certaines maisons privées, grâce à la coopération de leurs propriétaires ou occupants. Il s'agissait d'effectuer des réparations des étanchéités, Modification des caractéristiques de composition de certaines façades pour les adapter à l'environnement architectural de la médina. Reprise des ferronneries (fenêtres) et des menuiseries (portes, persiennes...) en s'inspirant des modèles traditionnels.

- Pavage de certaines zones de la rue avec pierre taillé local.

Ces interventions, que ce soit au niveau des façades ou au niveau de pavage en pierre locale sont similaires à notre étude, La valorisation du patrimoine, la protection et la diffusion de ces sites historiques ont été rendues possibles grâce à l'utilisation de matériaux locaux, d'une main d'œuvre qualifiée et à la méthode de planification. En général, on peut affirmer que l'intervention a été exécutée avec des matériaux d'une grande cohérence contextuelle grâce à la création d'une équipe spécialisés et tailleurs de pierre qui ont conservé le savoir-faire traditionnel et l'ont appliqué avec un grand soin à la réhabilitation de cette rue de la médina de Kairouan.

## Chapitre 1 : Etats de l'art

---

### 4ème étude : Réhabilitation et restauration du patrimoine : patrimonialisation et neopaysagisme, étude de cas de la médina de Sousse, (Tunisie) 2013

Cette étude porte sur la valorisation du patrimoine architectural grâce à la réhabilitation de la ville de Sousse, s'inscrivant dans une logique de sensibilisation au patrimoine ciblant une large tranche de la population résidente et active, mais également les élus locaux et les entreprises publiques. et acteurs sectoriels, un projet qui devrait permettre à la Commune de Sousse de créer des mécanismes de gouvernance visant à influencer la bonne préservation de son centre urbain historique en concevant et en développant des outils de gestion adaptés à cet espace urbain très sensible.



Figure 1.4 : Plan d'intervention pour réhabiliter les rues de Sousse. Source : [13]

## Chapitre 1 : Etats de l'art

---

Les principaux travaux consistent à réhabiliter ces rues sont la réalisation d'un réseau d'évacuation des eaux pluviales et les réseaux souterrains de VRD et rénovation du réseau d'éclairage public, puis les travaux de pavage en pierre naturelle locaux taillée et traitement des façades.



**Photo 1.6 : Les travaux de réhabilitation en cours sur chantier, Source : [13]**

La délimitation des axes de la rue se fait au milieu de la voie en plusieurs endroits surtout en cas de changement de direction ou de largeur de rues, puis aligner les points pour déterminer de l'axe, donc le pavage en pierre commence de l'axe de la rue vers les côtés du mur des façades avec une légère pente en forme de rigole, 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. La même technique a été adoptée sur la place du marché de Ghardaïa par une rigole en pierre a été réimplantée. De section trapézoïdale, elle suit un tracé diagonal sur toute la longueur de la place du marché. Partant de la rue nord-est où sont vendus légumes et fruits, elle rejoint le coin sud-ouest avec une pente longitudinale constante de 2%. Cet aménagement en pierre naturelle, reposant sur des calculs topographiques fins, vise à assurer l'évacuation optimale des eaux de ruissellement tout en conférant une esthétique cohérente avec le caractère patrimonial du lieu. La rigole représente un point de repère des altitudes pour toutes les parcelles des pavés en pierre, aussi représente un point de départ de l'appareillage de joints de pavés qui exécutés perpendiculairement au bord de la rigole.



## Chapitre 1 : Etats de l'art

---



**Photo 1.7: Travaux de pavage en pierre des rues, Source : [13]**

Dans le projet de réhabilitation des rues, du mortier bâtard a été utilisé comme une couche de pose avec Jointement de pavés en mortier de ciment.

### **Conclusion :**

La réhabilitation n'est pas juste un programme de travaux technique à réaliser mais c'est plutôt un processus de recherche et de communication entre les multiples acteurs. Afin d'endiguer un processus de dégradation il est nécessaire d'obtenir l'adhésion des partenaires (tout les occupants du souk), qu'il faudrait impliquer dans la gestion technique et préservation patrimoine de souk, Condition nécessaire pour les occupants du souk acceptent de modifier leurs pratiques, Et soutenez la préservation de ce site patrimonial.

Définir les objectifs et les différentes stratégies signifie pouvoir plus tard définir les conditions techniques, spatiales et sociales d'une opération de restauration les dégradations, Différents scénarios peuvent être proposés, il s'agit de poser les questions fondamentales qui vont orienter les choix du maître d'ouvrage pour réhabiliter et restaurer les sections endommagées.

**Chapitre 2 :**  
**Interventions et stratégies menées**  
**sur le patrimoine de souk**

## Chapitre 2 : Interventions et stratégies menées sur le patrimoine de souk

### Chapitre 2 : Interventions et stratégies menées sur le patrimoine de souk

#### 2-1-Introduction :

Dans ce chapitre nous allons aborder les expériences menées en matière d'intervention sur le patrimoine de souk où nous allons cerner pour chaque intervention la stratégie adoptée, les outils utilisés, les enjeux et la démarche suivie lors de l'intervention pour redynamiser le marché et redonner à cette place sa valeur culturelle et patrimoniale.

#### 2-2-Présentation du site :

##### 2-2-1- Situation géographique de la région de Ghardaïa :

Ghardaïa est située à 600 km au sud de l'Algérie. Elle est située entre 32° 20' de latitude au nord et 0° 40' et 2° 30' de longitude à l'est. La wilaya de Ghardaïa couvre une superficie de 26 135 km<sup>2</sup> depuis le plus haut sommet, Daya Ben Dhahoua, jusqu'au barrage d'El Atteuf dans la vallée. Elle est limitée aux zones suivantes : Au nord par la Wilaya de Laghouat ; Nord Est par la Wilaya de Djelfa ; à l'Est par la Wilaya de Ouargla ; au Sud par la Wilaya d'El Menia.

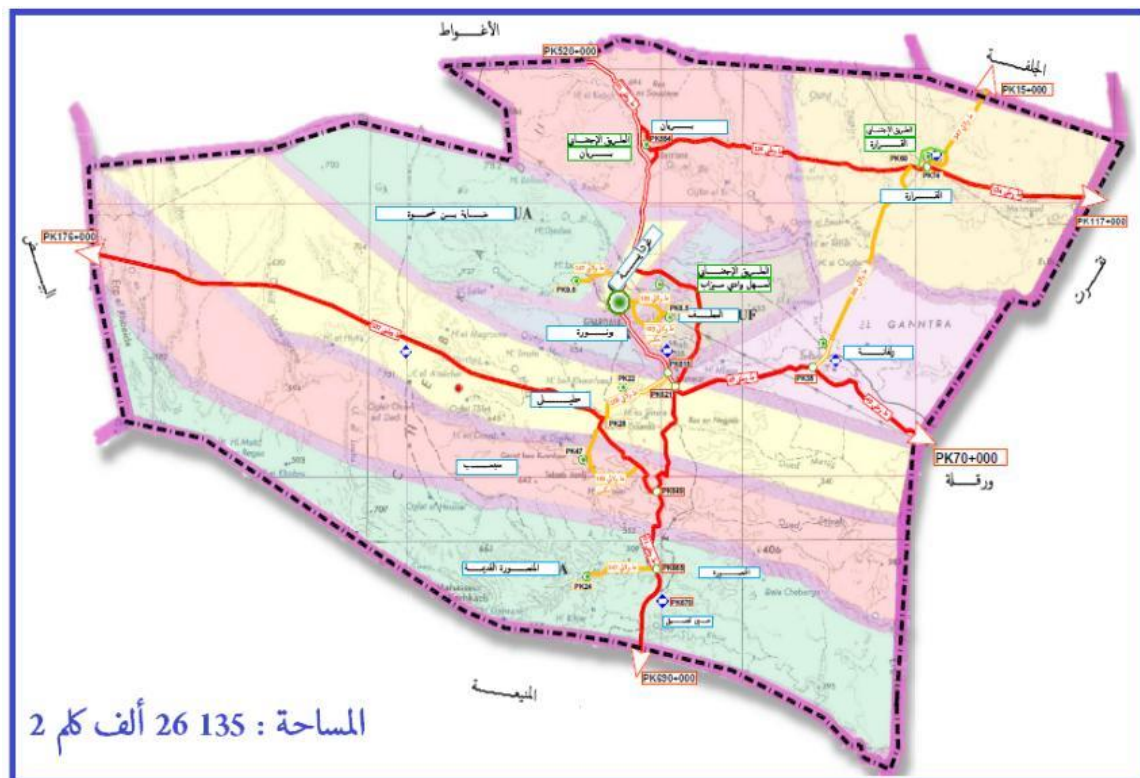


Figure 2.1 : Situation de la wilaya de Ghardaïa. Source : [3]

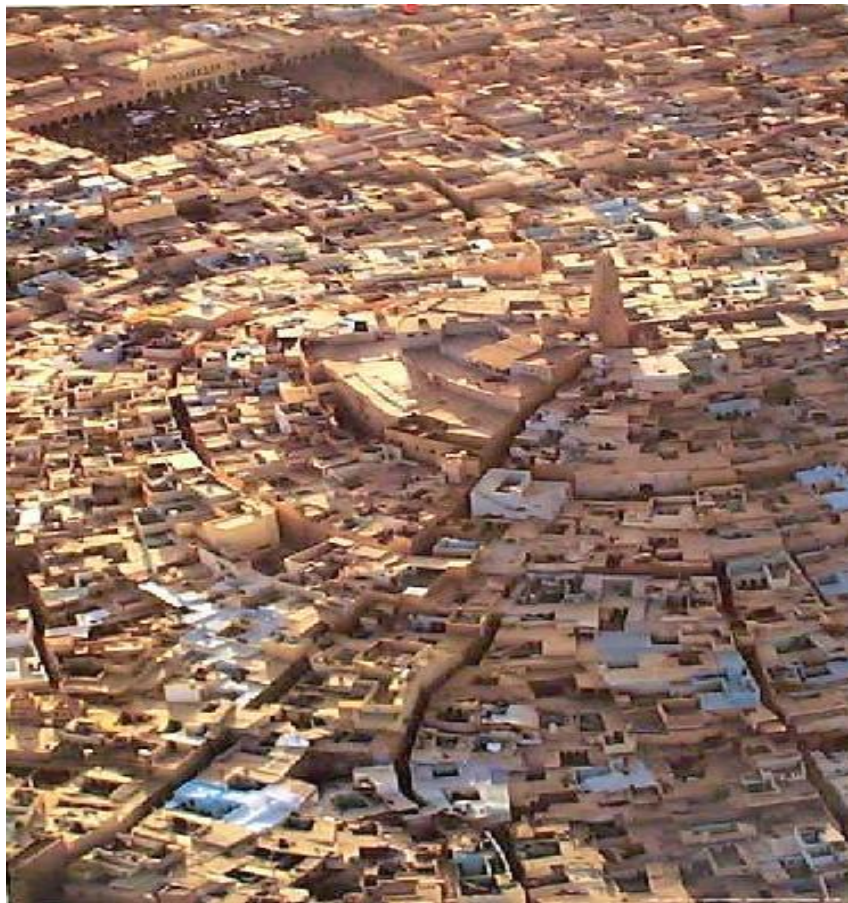
## Chapitre 2 : Interventions et stratégies menées sur le patrimoine de souk

---

### 2-2-2- Présentation le site de l'étude :

La place du marché de Ghardaïa est une place rectangulaire située dans des lieux les plus pittoresques de la ville, avec un marché quotidien, où l'on peut trouver des produits de l'artisanat local ou de fabrication moderne, des tapis du M'Zab, des plateaux de cuivre, etc. Hors du noyau urbain central, cette place permettait autrefois l'accès aux étrangers pour les transactions commerciales.

Depuis la place, on peut monter dans la zone haute de la ville au travers d'un labyrinthe de ruelles étroites.



**Photo 2.1 : Ksar de Ghardaïa.** Source : [4]

La wilaya est caractérisée au Nord par la présence d'une chaîne de monticules rocaillieux appelée la Chapka et au Sud par un immense plateau Hamada couvert de pierres. La partie Nord de la wilaya est très accidentée, ce qui entraîne la formation de nombreuses vallées appelées Dayates, très fertiles où coulent et se rejoignent une multitude d'Oueds. Les

## Chapitre 2 : Interventions et stratégies menées sur le patrimoine de souk

cours d'eau très nombreux sont en crue en moyenne une fois tous les deux ans les plus connus sont Oued M' Zab, Oued labiadh, Oued N'sa, Oued Zegrir, Oued SebSebet Oued Metlili.

La vallée du M'Zab se situe sur le plateau de la Hamada, sur sa portion Nord. Ce plateau est une véritable charpente rocheuse, recouverte par des terrains quaternaires dans toute l'étendue de la zone septentrionale. Sur une partie du plateau d'importantes érosions ont fait surgir un ensemble de crêtes et de buttes escarpées : c'est la Chabka. [4]

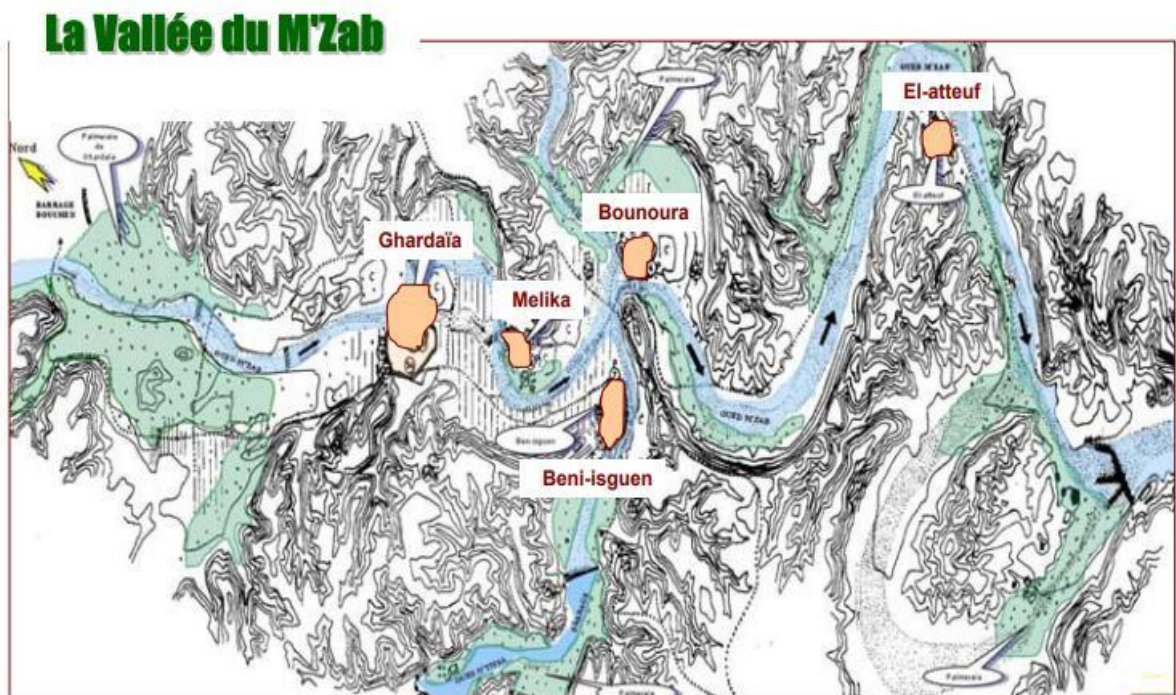


Figure 2.2 : La vallée de M'zab. Source : [4]

La création de la place du marché se situe au cours de la troisième extension urbaine du ksar de Ghardaïa. Elle mesure 75 mètres de long pour 44 mètres de large et elle est entourée de bâtiments comportant un rez-de-chaussée et un étage qui ont une structure constituée de portiques et d'arcades irréguliers, sous lesquels s'ouvrent les boutiques et les magasins des produits de l'artisanat local.

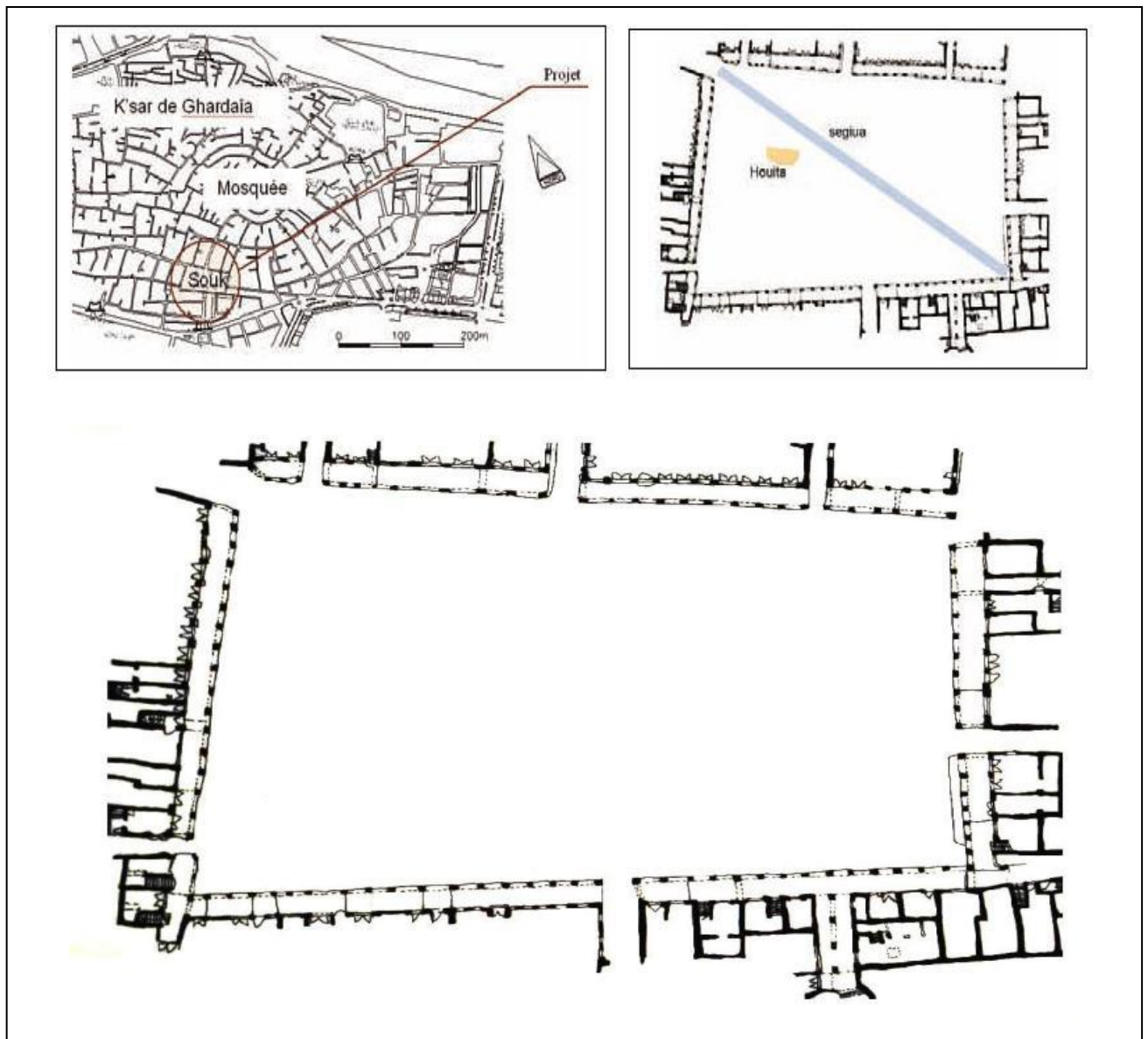


Figure 2.3 : Plans de masse de la Place du marché. Source : [4]

Au centre de la place se trouve « El-Huita الحويطة » c'est une ligne des pierres irrégulières enfoncées dans le sol et disposées en arc, espace destiné à l'usage du conseil appelé « Djemaâ الجماعة » ce conseil vient de l'époque précoloniale, et il traitait les thèmes en rapport avec la vie de la ville au sein même du marché. [11]

## Chapitre 2 : Interventions et stratégies menées sur le patrimoine de souk



**Photo 2.2 : Travaux de la conservation de l'endroit El-Huita.** Source : [4]



**Photo 2.3 : Achèvement des travaux de conservation patrimoine «El-Huita »**Source : [4]

### **2-3-Les principaux objectifs de la réhabilitation:**

L'objectif premier de la réhabilitation précédente était de redynamiser le marché, tout en préservant l'identité historique et fonctionnelle de la place. En effet, il s'agissait de revitaliser ce lieu commercial sans apporter de modifications structurelles ou organisationnelles majeures par rapport à sa configuration originale validée par le temps, Les actions ont été centrées sur plusieurs aspects-clés :

-La mise en valeur d'un site du patrimoine de l'humanité;

## **Chapitre 2 : Interventions et stratégies menées sur le patrimoine de souk**

---

- Retrouver l'homogénéité architecturale de la place ;
- Intégrée la place dans son contexte culturel et la joindre au ksar ;
- Redynamiser les activités artisanales et culturelles dans la place du marché ;
- Améliorer le cadre de vie des citoyens habitant autour du souk ;
- Redonner à cette place sa valeur culturelle et patrimoniale ;
- Instaurer une tradition de participation des citoyens dans la gestion de ce souk ;
- Valoriser les techniques de restauration et les matériaux locaux ;
- Impulser et développer les activités artisanales ;

A travers ces actions, les travaux envisagés dans le cadre de ce projet sont les suivants :

- Travaux de réfections des réseaux divers (réseau d'eau potable et réseau de gaz et réseau d'assainissement et réseau de télécommunication) ;
- Pavés en pierre locale traditionnelle de la place du marché ;
- Entretenir l'aspect extérieur au-delà du simple aspect formel, tout en veillant à préserver les techniques constructives du lieu ;
- Intervention sur les façades et les étanchéités, Concernant les façades, l'objectif sera de les restaurer afin de retrouver leur aspect d'origine. Seront notamment pris en compte les dégradations dues aux intempéries, ainsi que l'élimination des éléments ajoutés par propriétaires postérieurement qui altéraient la physionomie initiale de la façade.

### **2-4-Ouverture et installation de chantier:**

Différentes interventions ont été réalisées au niveau de la place du marché de Ghardaïa, afin de le conserver, de le préserver, de le moderniser, de le pérenniser et de le conserver. Sont la restauration et traitement des façades dans le cadre de l'opération de restauration en 1997 et en autre opération de réhabilitation en 2002 qui est la rénovation des réseaux divers avec le pavé en pierre.



## Chapitre 2 : Interventions et stratégies menées sur le patrimoine de souk

### 2-4-1-Traitement des façades entours de la place du marché:

Au cœur de la place du marché, les façades qui entourent la place témoignent de notre histoire et de notre patrimoine architectural. Toutefois, le temps et les intempéries les ont souvent fragilisés, leur conférant une allure défraîchie, voire délabrées, dans quelque endroit. Heureusement, une rénovation de façade bien réalisée permet de restaurer leur lustre d'antan et de les intégrer parfaitement à leur environnement patrimoine. Mais cette aventure de rénovation peut s'avérer complexe, avec de nombreux enjeux à prendre en compte. Dans cette étude pratique, vous découvrirez les éléments clés pour mener à bien votre projet de rénovation de façade, éviter les pièges et les mauvaises surprises. Vous pourrez ainsi contribuer à la sauvegarde de notre patrimoine architectural.

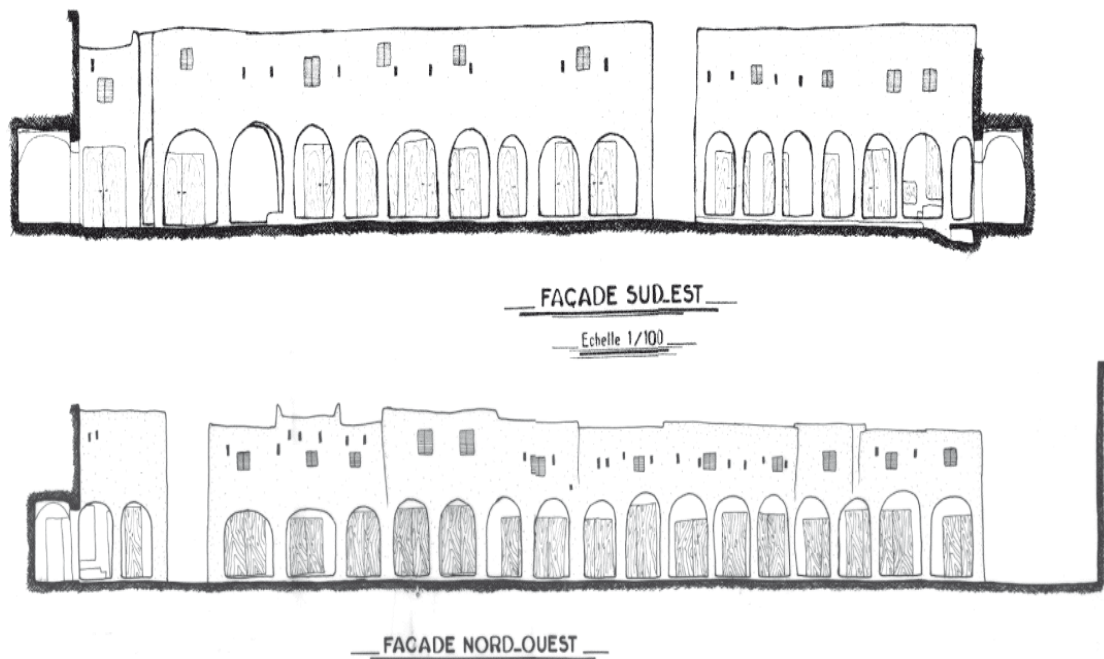


Figure 2.4 : Les façades de la place du marché. Source : [4]

#### 2-4-1-1-Les Interventions au niveau de façades entours de la place :

Une vaste opération de restauration a été effectuée au niveau des façades entourées de la placette. Cette opération touchera les traitements des façades et corrections architecturales, consolidation des poutres et des murs, crépissage en mortier à chaux. Le but principal de cette opération est de restaurer les façades, l'intervention portait principalement sur la réparation des murs. Il fallait rétablir le matériau perdu, reprendre les fissures en utilisant toujours du matériau local. Ce n'est que dans les cas où les fissures étaient encore vives Le

## **Chapitre 2 : Interventions et stratégies menées sur le patrimoine de souk**

---

choix a été fait d'utiliser des agrafes pour en assurer l'immobilité. Les piliers des portiques du Rez-de chaussée ont aussi été soumis à des travaux de consolidation, et il a été nécessaire de refaire nombre d'entre eux avec les matériaux originaux.



**Photo 2.4 : Démarrage des travaux de Décapage les façades.** Source : [4]

Le point faible apparu dans les murs des façades de la place du marché est la faiblesse de ses murs suite aux fissures et à la perte des propriétés physiques des matériaux, On remarque que la plupart des murs des façades de la place sont en pierre et mortier de gypse de la chaux locale. L'eau de pluie est le premier ennemi de ce matériau lorsqu'elle s'y infiltre, Lorsque ces zones ne sont pas entretenues immédiatement, le mur commence à perdre ses caractéristiques physiques en raison du vieux mortier qui retient l'eau, ce qui entraîne la fragilité du mur.

## Chapitre 2 : Interventions et stratégies menées sur le patrimoine de souk

### 2-4-1-2-L'évaluation de l'état des façades et la planification des travaux :

L'ancien mortier a été décapé sur toutes les façades entourant la place,

Avant de se lancer tête baissée, il est crucial d'évaluer l'état des façades (les fissurations, humidités, les poteaux des arcades et les arcades). [12]

Des corrections architecturales avec un plan architectural des façades sont le point de départ du démarrage des travaux.

Une fois l'état des lieux réalisé, il sera temps de planifier les travaux, en tenant compte des contraintes techniques, réglementaires et budgétaires. [12]

La rénovation se fait généralement en plusieurs étapes : décapage et nettoyage des façades, traitement des fissures et des problèmes structurels, application des traitements spécifiques au matériau tels que le mortier de bâtard dosé au niveau du soubassement, finition. Chaque étape est cruciale pour assurer une rénovation solide.



**Photo 2.5 : Les corrections architecturales de la façade du siège du Front de Libération Nationale.** Source : [4]



**Photo 2.6 : Les corrections architecturales de la façade Nord-est. Source : [4]**



**Photo 2.7 : la façade sud-ouest de la place marchée. Source : [4]**



**Photo 2.8 : Achèvement des travaux de traitement de la façade nord-ouest de la place du marché.** Source : [4]

### 2-4-2-Travaux de la rénovation des réseaux divers :

En 2002, Une vaste opération de réhabilitation redonnant ainsi à cet espace son vrai visage historique (lieu de rencontres d'échanges et de convivialité). Cette opération comprenait l'ensemble des éléments constituant la place du marché commençant par les travaux de la rénovation des réseaux divers, puis les travaux de pavage en pierre naturelle locaux taillée. [11]

Les Travaux de la rénovation des réseaux divers des premières actions qui a été réalisée dans le cadre de l'opération de réhabilitation, qui regroupent les infrastructures cruciales des réseau de tout-à-l'égout, réseaux d'eau potable, de gaz, d'électricité et de télécommunications.

Les tranchées qui entouraient toute la place dans lesquelles ont été introduites toutes les installations qui devait apporter les services aux locaux commerciaux du souk. Une canalisation en PVC qui traverse la place en diagonale, Elle a aussi servi, d'égout pour les eaux usées provenant de l'axe commercial.

D'autres tranchées pour le passage du réseau d'AEP et de gaz, et le câblage du téléphone ont été réalisées.

Les installations électriques ont été réformées, pour cela, tous les câblages aériens ont été dissimulés à l'intérieur des portiques des arcades, en les agrafant sans avoir besoin de creuser des saignées. L'éclairage consistait en des luminaires conventionnels accrochés aux

## Chapitre 2 : Interventions et stratégies menées sur le patrimoine de souk

murs pour rendre possible la circulation nocturne, sans rechercher à rehausser aucun espace architectural du souk.

La zone centrale du marché, en revanche, a été fermée pendant des périodes plus importantes, surtout à l'occasion de la réparation de la canalisation qui la traversait en diagonale ainsi que le pavage.



Photo 2.9 : Travaux de réseau d'assainissement. Source : [4]

## Chapitre 2 : Interventions et stratégies menées sur le patrimoine de souk



Photo 2.10 : Travaux de réseau d'assainissement. Source : [4]



Photo 2.11 : Travaux de pose la conduite principale de réseau d'assainissement  
Source : [4]

## Chapitre 2 : Interventions et stratégies menées sur le patrimoine de souk

### 2-4-3-Les travaux de pavage en pierre naturelle locaux taillée:

Dans les projets visant à mettre en valeur les espaces publics du patrimoine bâti, la pierre naturelle taillée est souvent privilégiée pour ses qualités historiques. Employée sous forme de pavés, elle permet à la fois de mettre en exergue le caractère patrimonial d'un lieu par son esthétique propre, et de réaliser un aménagement en cohérence avec l'architecture et les matériaux identitaires du site. La pierre naturelle offre ainsi un traitement de sol durable qui tout à la fois souligne l'ancrage territorial du lieu et respecte l'identité culturelle issue de son passé construit. Par son usage, elle contribue à la valorisation pérenne de l'édifice ou de l'ensemble bâti dans son contexte patrimonial.



**Photo 2.12 : Etat de pavés avant les travaux de réhabilitation (partie Sud).** Source : [4]





**Photo 2.13 : Etat de pavés avant les travaux de réhabilitation (partie nord)** Source : [4]

### **2-4-4- Extraction et préparation le pavé come un produit fini :**

Le projet de réhabilitation du pavage en pierre naturelle locale taillée de la place du marché de Ghardaïa s'est déroulé en plusieurs phases opérationnelles :

#### **A- Gisement de la carrière**

La première action de l'entreprise après la notification de l'ordre des services des travaux consiste à sélectionner une carrière locale qui répond aux conditions géotechniques et aux spécifications requises dans les clauses du cahier des charges, L'entreprise doit pouvoir justifier que la localisation de la carrière sélectionnée pour extraction des pierres répond aux caractéristiques géotechniques prescrites au cahier des charges par des certificats du laboratoire, Cela se fait en extrayant des échantillons de la carrière vers le laboratoire. Tous les frais engendrés par la production de ces documents sont à la charge de l'entreprise.

Les caractéristiques géotechniques de la pierre naturelle sont détaillées dans le chapitre 4de caractérisation des matériaux.

## **Chapitre 2 : Interventions et stratégies menées sur le patrimoine de souk**

---

### **B- Extraction et fabrication des produits en pierre naturelle**

La fabrication d'un pavé en pierre traditionnels implique généralement plusieurs étapes, comme l'extraction du matériau dans la carrière sélectionnée Jusqu'à ce que le produit final soit fabriqué, Ces étapes sont les suivantes

#### **B-1- Extraction des matériaux**

Dans la région de Ghardaïa l'extraction de la pierre dure se fait la plupart du temps dans des carrières à ciel ouvert, par exemple à flanc de coteau de montagne, Pour l'extraction de blocs massifs de faibles volumes destinés à la construction ou pavage.

Ces pierres sont amenées à l'atelier comme un produit semi fini.

#### **B-2- Fabrication**

Cette technique consiste à réaliser un produit fini dont l'aspect et la précision géométrique dépendent d'une des deux méthodes de fabrication suivantes :

##### **B-2-1- Méthode traditionnelle**

Cette méthode consiste à découper et tailler la pierre par un outillage traditionnel : Marteau, ciseau à pierre et exécutée par un ouvrier capable métier de tailleur de pierre.

Les techniques traditionnelles de taille de la pierre prennent beaucoup de temps et dures pour les mains. Il fallait passer des heures à tailler une petite quantité de pierre, en s'assurant minutieusement de la précision de chaque coupe. Ce processus fastidieux et souvent source d'erreurs, en particulier de manque de la main d'œuvre qualifiée dans le métier de tailleur de pierre.

Le tailleur de pierre doit tracer la pierre avant de procéder à la taille de celui-ci à l'aide d'un équerre et la craie avec respecter les dimensions géométrique exigé aux clauses de cahier des charges.

Dans la place du marché, Cette méthode a été adoptée par deux entreprises.



Photo 2.14 : Les techniques traditionnelles de taillage de la pierre. Source : [4]

### B-2-2- Méthode de découpage mécanique :

Cette méthode consiste à découper et tailler la pierre au moyen des machines de découpage. C'est la méthode la plus utilisée de nos jours car elle offre un meilleur rendement et un aspect plus précis et constant, le processus de taille de la pierre s'effectue selon les étapes suivantes :

**1<sup>ère</sup> étape** : Tracer la pierre avant de procéder à la taille de celui-ci à l'aide d'un équerre et la craie, avec respecter les dimensions géométrique exiger aux clauses cahier des charges.



Photo 2.15 : Traçage les pierres. Source : [4]

## Chapitre 2 : Interventions et stratégies menées sur le patrimoine de souk

---

2<sup>ème</sup> étape : Les pierres sont découpées par la machine-disque à une profondeur comprise entre 3 à 5 cm.



Photo 2.16 : Découpage les pierres. Source : [4]



Photo 2.17 : Profondeur de Découpage. Source : [4]

## Chapitre 2 : Interventions et stratégies menées sur le patrimoine de souk

**3<sup>ème</sup> étape :** Finalisation du produit on utilise Marteau, ciseau à pierre a fin d'obtenir des pierres dont les dimensions sont similaires a celles du produit fini, Cette étape peut être réalisée par un simple ouvrier.



**Photo 2.18 : Finalisation des pierres.** Source : [4]

### Recommandation :

- Les quantités suffisantes du produit final de pierres taillées sont préparées et fabriquées dans les ateliers hors de chantiers;
- La manutention et le transport jusqu'au lieu de stockage sur site sont effectués en quantités suffisantes pour rendement journalier de réalisation, en prenant les précautions nécessaires pour éviter d'endommager les pierres fabriquées.



**Photo 2.19 : Etat final de pierres.** Source : [4]

**Chapitre 3 :**  
**Gestion et modes d'exécution de**  
**pavés en pierre**

**3-1-Introduction :**

La qualité d'exécution d'un pavé en pierre naturelle est aussi importante que la cohérence et le réalisme de la conception du projet, la mise en œuvre de qualité commence par la mise en place d'une procédure d'exécution et de suivi des règles de l'art explicitées dans le présent chapitre. Ces règles doivent être respectées car les différents contrôles et modes d'exécution permettent assurent la bonne exécution du pavés en pierre et des couches sous-jacentes de pavés.

**3-2-Intervention et plan d'action des travaux sur chantier :****3-2-1- La gestion de l'opération de pavés en pierre :**

Etant donné l'importance vitale de l'activité commerciale du souk pour la vie économique locale, il était primordial d'organiser minutieusement les travaux de manière à ne jamais interrompre complètement l'exploitation des lieux. Ainsi, le chantier a été découpé en plusieurs secteurs intervenant de façon alternée, ce qui a permis de cloisonner temporairement certaines zones tout en maintenant l'accès au reste du marché encore en fonctionnement. Cette programmation méthodique et ces aménagements temporaires ont assuré la poursuite de l'activité commerciale durant toute la durée des opérations de réhabilitation, preuve de la prise en compte des enjeux économiques et sociaux du site dans la conduite du projet.

En outre, le fait que cinq entreprises de construction pour les travaux de pavage en pierre de calcaire dure suivant la méthode traditionnelle locale.

La place du marché a été divisée en six parcelles à réaliser par cinq entreprises.

Entreprise de réalisation	Numéro de parcelle	Surface de la parcelle m <sup>2</sup>
ETP Affou N	1	499,09
ETPB Becis N	2	934,34
ETP Boussada S	3	365,62
ETP Bahaz N	4	423,28
ETPHB Habireche M.	5	357,90
ETPB Becis N	6	215,16

**Tableau 3.1 : Les entreprises de réalisation la place du marché.** Source : [4]

Maître de l'ouvrage : Direction culturelle de la Wilaya de Ghardaïa.

Maître de l'œuvre : Centre d'Etudes et de Réalisation en Urbanisme de Tlemcen (URBAT)

Coordination et suivi technique : Office de protection et de promotion de la vallée du M'zab.

Surface total de la place du marché est 3300 m<sup>2</sup>.

### 3-2-2 -Décapage de l'ancien pavage

Le décapage de l'ancien pavage de la place du marché est la première intervention à mettre en œuvre, Ces travaux comprendront :

- Décapage de l'ancien pavage y compris transport et évacuation à la décharge des déchets inertes.
- Récupérer les pierres et les bordures anciennes de bon état.
- Stockage des pierres pouvant être récupérées y compris le nettoyage des éléments en pierre de tous les adhésifs, cette préparation est nécessaire. Elle consiste au minimum en un nettoyage des éléments de récupération afin de les débarrasser des résidus de couche de pose, produits de jointoiement et autres éléments qui pourraient y adhérer ou y être mélangés. Dans ce cas, on parle de «pavés de réemploi».
- Nettoyage général du site.

NB : La zone de réception et de stockage des éléments en pierre récupérés est organisée de manière à les préserver des différentes dégradations qu'ils pourraient subir: détériorations de manutention, chocs, vol ou vandalisme.



**Photo 3.1 : Décapage de l'ancien pavage de la place du marché. Source : [4]**





**Photo 3.2: Nettoyage et Récupération des anciennes pierres.** Source : [4]

### **3-2-3- -Terrassement, Nivellement et Compactage**

Après le décapage et le nettoyage du site, un compactage a été effectué a pour but de préparer l'assise de la couche de forme de pavage.

Pour éviter l'affaissement un compactage réalisé sur terrain après humidification, on respect les niveaux de terrassement définis dans le projet sont indiqués sur le terrain par des piquets, En tenant compte des niveaux des repères fixés comme les niveaux des rues menant à la place et les niveaux de base de pavés qui est inférieur du 18 au 22 cm de sol fini des galeries entours de la place.



**Photo 3.3 : Travaux de nivellement topographique et piquetage.** Source : [4]

### 3-2-4--Choix des repères de référence pour les altitudes :

Afin de mener à bien l'opération de réhabilitation du pavage, des repères topographiques de référence ont été définis pour l'ensemble de la place du marché. Sur cette base topographique, une rigole de en pierre a été réimplantée. De section trapézoïdale et d'une largeur variant entre 2,40 et 2,60m, elle suit un tracé diagonal sur toute la longueur de la place du marché. Partant de la rue nord-est où sont vendus légumes et fruits, elle rejoint le coin sud-ouest avec une pente longitudinale constante de 2%. Cet aménagement en pierre naturelle, reposant sur des calculs topographiques fins, vise à assurer l'évacuation optimale des eaux de ruissellement tout en conférant une esthétique cohérente avec le caractère patrimonial du lieu.

La rigole est un point de repère des altitudes pour toutes les parcelles des pavés en pierre, aussi représente un point de départ de l'appareillage de joints de pavés qui exécutés perpendiculairement au bord de la rigole.

Les bords de la rigole sont considérés comme un niveau d'altitude bas de toutes les parcelles dans la direction de l'appareillage de joints de pavés qui exécutés perpendiculairement au bord de la rigole, il convient de procéder par le bas et de réaliser une fondation adaptée a l'évacuation de l'eau.

Pour ce qui concerne la pose des pavés, un facteur essentiel de réussite repose sur le savoir-faire et l'expérience des paveurs impliqués dans le projet.

Aux bords, on peut éventuellement appliquer une assise de panneresses (règle) de simples paves, pour obtenir une meilleure finition de l'appareillage. Les travaux de pavage doivent commencer par le bas de la pente.

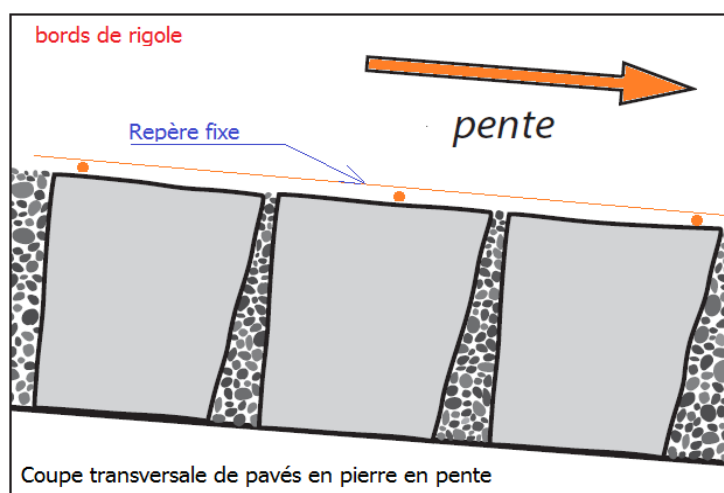


Figure 3.1 : Coupe transversale de pavés en pente. Source : Auteurs



Photo 3.4 : Travaux de pavés de la rigole. Source : [4]



Photo 3.5 : Travaux de pavés de la rigole. Source : [4]

**3-2-5-Choix le plan de l'appareillage des pavés en pierre :**

L'appareillage est le **plan de pose des pavés** les uns par rapport aux autres pour constituer l'aspect final du pavé. Le choix de l'appareillage doit répondre à la fois à des critères historique et structurels. En effet, il découle principalement du plan architectural.

Dans la place du marché, le type d'appareillage droit a été choisi, ce type consiste à **appareillage en rangées droites à joints décalés ou alternés**: L'appareillage est composé de lignes droites continues de pavés, avec un jointage alterné d'une rangée à l'autre. De cette façon, au moins le tiers de la longueur de chaque pavé est en liaison avec la pierre adjacente. De plus, la circulation des piétons et véhicules doit préférentiellement s'effectuer de manière perpendiculaire aux lignes de joints continus, de façon à répartir uniformément les contraintes sur l'ensemble du pavement.



**Photo 3.6 : L'appareillage de type droit.** Source : [4]

**3-3-Travaux de réalisation des pavés :****3-3-1- Matérialisation les axes de niveau et d'alignement :**

Après avoir choisi le type d'appareillage des éléments en pierre naturelle, on commence de établir des repères de niveau et d'alignement de la première rangée de pavé à l'aide d'outils de piquetage et d'implantation qui sont des piquets, la cordeau, le niveau à bulle, la règle en bois ou en métal de 2 m de longueur.

On scelle provisoirement entre deux points de référence sur terrain et en d'autres points, si on le juge utile deux pavés déterminant l'arasent du pavé.



**Photo 3.7 : Matérialisation le niveau et l'alignement de pavés.** Source : [4]



**Photo 3.8 : Matérialisation les axes et l'alignement de pavés.** Source : [4]



Photo 3.9 : Matérialisation des axes et de niveau et l'alignement de pavés. Source : [4]



Photo 3.10 : Pavé prêt pour jointement en ciment. Source : [4]

**3-3-2-Mise en œuvre de la couche de pose :****A-Matériaux de la couche de pose**

La couche de pose à une épaisseur de quelques centimètres dont le rôle est d'une part de compenser les petites inégalités de la fondation et de l'épaisseur des pavés (ces inégalités doivent cependant toujours rentrer dans les tolérances admises) et d'autre part de permettre une insertion des pavés «**Nichage**» afin de bien les maintenir en place.

Dans la place du marché de Ghardaïa, du mortier bâtard a été utilisé comme une couche de pose, Il se compose des matériaux locaux suivants :

**Le Sable :** De préférence du sable d'oued de diamètre compris 0.8 à 5 mm ;

**L'eau :** L'eau du robinet a été utilisée pour la préparation les pâtes ;

**Le ciment :** CPA 32,5 bar, (325 Mpa, pour les ouvrages courant) ;

**La chaux :** La chaux locale en pierre préparée selon la méthode traditionnelle.

Le matériau de chaux en pierre s'obtient par calcination de pierres calcaires au moyen d'un four traditionnel, Ces fours, tenus par des maîtres artisans locaux appelés «**chaufourniers** » Dans la région de Ghardaïa, ces fours ont commencé à disparaître, En raison de l'émergence de méthodes de fabrication modernes comme par exemple la chaux hydraulique.

**B-Méthode de préparation de la couche de pose :**

La préparation du mortier de pose doit passer par trois étapes fondamentales :

**B-1-Préparation le lait de chaux :**

Le lait de chaux utilisée dans le mortier de bâtard ou de chaux est préparé selon la méthode traditionnelle comme suit :

On utilise un fût de 200 litres à couvercle ouvert comme récipient pour la préparation le lait de chaux, Versez 80 litres d'eau dans le fût, puis ajoutez 120 kg de chaux en pierre à l'eau (03 secs de chaux en pierre de 40 kg par sec), On le laisse 24 heures pour réagir et devenir chaux aérienne, Prêt à l'emploi.

**B-2-Préparation le mortier de chaux :**

Le mortier de chaux est un mélange de sable et le lait de chaux, Pour obtenir cette pâte, on suit les étapes traditionnelles suivantes :

- 1- Utilisé une surface propre, sèche et plane. Verser le sable de quantité de 02 m<sup>3</sup>.



2- Creuser un grand cratère et y verser le lait de chaux qui préparé selon la méthode traditionnelle de quantité d'environ de 250 litre pour 2 m<sup>3</sup> de sable, Cette quantité d'eau de chaux est ajoutée par intermittentes et projeter des pelletées successives du mélange sec en tournant autour du tas jusqu'à l'obtention d'une pâte homogène, Il faut le laisser reposer au moins 48 heures avant de l'utiliser comme mortier de chaux.



**Photo 3.11 : Préparation le mortier de chaux. Source : [4]**



**Photo 3.12 : Préparation plusieurs pâtes pour mortier de chaux.** Source : [4]

### **B-3-Préparation le mortier de bâtard :**

Le mortier bâtard est composé de mortier de chaux additionné à la mise en œuvre de poudre de ciment de quantité de 30 kg pour 03 brouettes de mortier de chaux préalablement préparé selon la méthode traditionnelle.[5]

Pour obtenir cette pâte, on suit les étapes traditionnelles suivantes :

- 1- Utilisé une surface propre, sèche et plane. Verser le mortier de chaux préalablement préparé selon la méthode traditionnelle de quantité de 03 brouettes puis la quantité 30 kg de poudre de ciment au-dessus.
- 2- Mélanger à sec sur place, de préférence en constituant au fur-et-à-mesure un nouveau tas. Le mélange doit être bien homogène.
- 3- Creuser un cratère et y verser le lait de chauxpréalablement préparé selon la méthode traditionnelle de quantité de 30 à 40 L (pour une consistance plastique).
- 4- Projeter des pelletées successives du mélange sec en tournant autour du tas.
- 5- Retourner sur place le mélange pour qu'aucun point sec ne demeure.
- 6- Vérifier que le mouillage est correct en plissant la surface du mélange avec fer de la pelle. Les vaguelettes obtenues doivent être lisses.

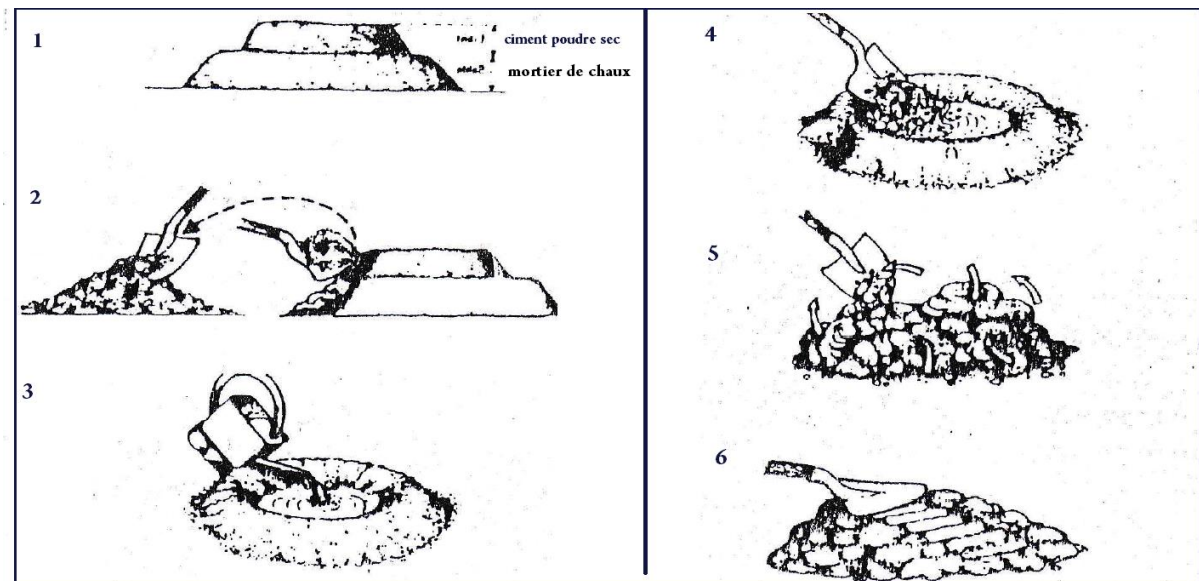


Figure 3.2 : Préparation de la pâte de mortier bâtard. Source : [5]

#### B-4-Pose de pavés

Les pavés sont nichés dans la couche de pose un par un, on utilise un marteau pour asseoir et niveler les pavés en pierre.

Lorsque la couche de pose est en mortier bâtard, il faut tenir compte des points d'attention suivants :

- Il est recommandé d'humidifier la surface de la couche de forme et les pavés préalablement à la mise en place de la couche de pose, ceci afin d'éviter la migration de l'eau de gâchage hors de la couche de pose ;
- Le mortier bâtard fera la prise approximativement 03 heures après le gâchage, Il est recommandé d'utiliser une quantité de gâchage Adapté à la productivité du paveur.
- Il est à recommander que l'équipe chargé de suivi et l'entrepreneur se concertent avant le début des travaux sur un certain nombre de sujets qui s'appliquent spécifiquement aux pavés en pierre naturelle, comme les joints, le jeu de variations de formats dans le cas d'appareillage, les différences dans le pavage entre, d'une part, la pierre naturelle fabriquée et, d'autre part, les pavés récupérée.

Une section expérimentale de référence peut aider à se faire une meilleure idée de l'aspect final du pavage. On évite ainsi des discussions ultérieures concernant la qualité du travail fourni.

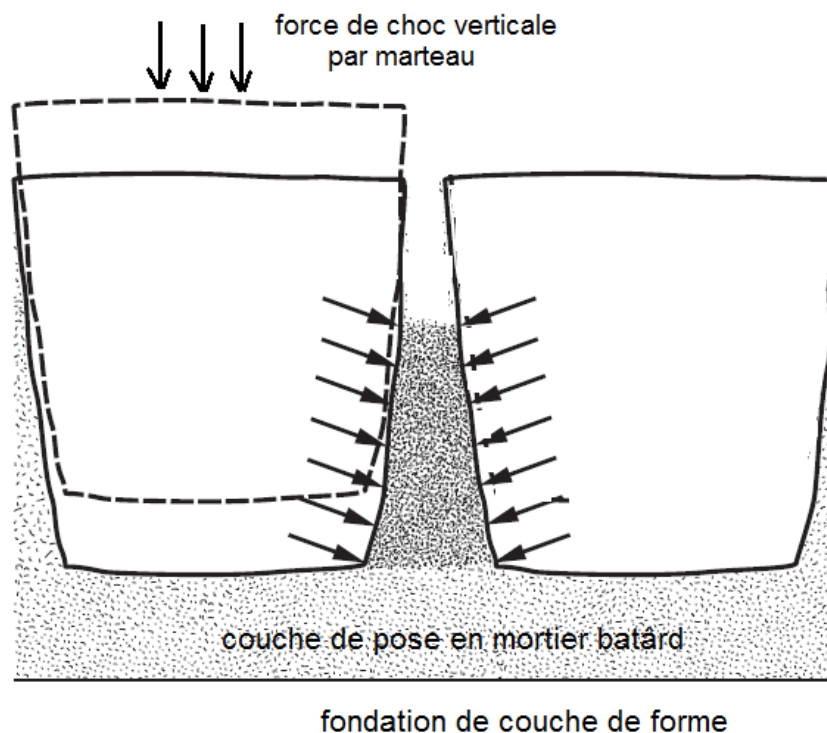
Lors de la rénovation de la place du marché, les pavés ont été dédiés au site dont le caractère historique a été renforcé grâce à l'utilisation de la pierre traditionnelle locale.

Au cours du pavage en pierre, le paveur effectue un tri des pavés afin de supprimer tout pavé ébréché, abîmé, de dimension non conforme ou tout autre problème technique.

Quel que soit l'appareillage de pose choisi les joints doivent avoir une largeur d'au moins 2 cm.

Par la suite, on niche les pavés en les martelant dans la couche de pose, en veillant à ce que les joints ou l'appareillage désiré soient alternés.

La linéarité des joints doit aussi être régulièrement vérifiée dans le sens longitudinal et transversal, par exemple à l'aide d'une corde.



**Figure 3.3 : Nichage des pavés dans la couche de pose**Source : Auteurs.

Lorsque la couche de pose est en mortier bâtarde, il faut tenir compte des points d'attention suivants :

- Le mortier bâtard doit avoir une consistance plastique lors de sa mise en œuvre ;
- Il est recommandé d'humidifier la surface de la fondation préalablement à la mise en place de la couche de pose ;
- L'épaisseur du mortier bâtard est variable en fonction de l'épaisseur des pavés en pierre



**Photo 3.13 : Travaux de pose des pavés.** Source : [4]

Afin d'assurer la réalisation adéquate et la durabilité du pavage, il est essentiel de respecter rigoureusement quelques étapes essentielles :

- Lors de la pose d'un pavage présentant une pente, il est nécessaire de commencer l'installation par la partie basse. En effet, cela permet d'orienter correctement l'écoulement des eaux vers l'exutoire prévu.
- Il est primordial de respecter la largeur des joints afin d'assurer la pérennité du pavage. Les fichiers joints doivent respecter les exigences du cahier des charges.

### **B-5-Jointement des pavés**

Le jointoiment est une étape clé pour la pérennité du revêtement en pavés. En effet, les éléments doivent être solidement arrimés afin de résister aux sollicitations appliquées. Les matériaux de jointoiment constituent un élément essentiel des pavés. Pour que les pavés puissent fonctionner comme pavage, Les joints entre pavés doivent être complètement remplis. En effet, des pavés désolidarisés ne sont pas résistants au déplacement et/ou aux rotations sous l'effet d'une charge de véhicule mécanique, comme par exemple.

Un joint bien rempli empêchera aussi les pavés de pivoter ou de se détacher.

Le jointoiment de pavés permet aux forces d'être transférées uniformément d'une manière similaire aux chaussées en béton. Il est donc essentiel d'assurer une parfaite adhérence entre le matériau de jointoiment et le pavé. L'étanchéité du matériau est essentielle. De plus, la qualité du matériau utilisé en couche de pose doit être irréprochable. Sur cette base il faut tenir compte des points d'attention suivants :

- Il est préférable de laisser un délai suffisant d'au moins 24 heures entre la pose des pavés et la mise en œuvre du jointoiment en ciment.
- Il est recommandé d'humidifier d'abord le pavé avec de l'eau pure avant d'appliquer le jointoiment en ciment.
- Les joints doivent avoir une largeur permettant de s'assurer de la bonne pénétration du mortier ciment.
- Il y a lieu de s'assurer que le rapport eau-ciment du produit de jointoiment est respecté.
- Lors de la préparation du mortier, la quantité d'eau doit être respectée par rapport l'exigence de dosage et de plasticité.

- Les pavés doivent être bien fixés dans la couche de pose.
- Il est important que les joints soient complètement et assez profondément remplis avec du mortier. La profondeur de joint minimale est de 3 cm.
- Remplissage des joints jusqu'à ou juste en dessous de la surface des pavés en environ de 0.5 cm, Un seau contenant du mortier de ciment doit être utilisé pour remplir les joints. Avec respect d'une période de prise-séchage.



**Photo 3.14 : Humidification des pavés.** Source : [4]



**Photo 3.15 : Humidifier préalablement le pavé avec de l'eau pure. Source : [4]**





Photo 3.16 : Jointement de pavés en mortier de ciment. Source : [4]



Photo 3.17 : Travaux de pavé. Source : [4]



Photo 3.18 : La place du marché après la réception provisoire des travaux. Source : [4]

**Conclusion :**

La stratégie adoptée pour la réhabilitation de la place du marché est de bien organiser pour éviter l'arrêt de l'activité commerciale du marché, c'est pourquoi les travaux ont été divisés en alternance de zones fermées au public et coordination adéquate de l'ensemble a permis de développer une grande quantité de travaux en parallèle.

De l'autre côté de la stratégie adoptée, qui est le côté technique, où des matériaux locaux ont été utilisés (la pierre naturelle et la chaux en pierre préparées par de manière traditionnelle) avec la méthode exécutive détaillée, Selon des normes techniques précises et adaptées aux matériaux d'origine du vieux souk, Ce qui a permis une expérience réussie en valorisant les techniques de réhabilitation avec des matériaux locaux qui ont prouvé leur résistance mécanique et leur durabilité face aux différents facteurs d'agression naturels.

**Chapitre 4 :**  
**Caractérisation des**  
**matériaux**

## **Chapitre 4 : Caractérisation des matériaux**

---

### **Chapitre 4 : Caractérisation des matériaux**

#### **4-1-Introduction**

Les matériaux associés aux produits du pavé en pierre naturelle sont décrits par caractérisation, y compris les matériaux utilisés pour la couche de pose et les jointements des pierres aussi le mortier bâtard utilisé pour les façades.

L'ancien bâti de la ville de Ghardaïa sont encore constitués de matériaux locaux, qu'ils soient végétaux ou minéraux. Les perceptions du tissu urbain patrimonial ont été influencées par cette utilisation, en raison de la présence de formes, de textures et de l'urbanisme propre au pays.

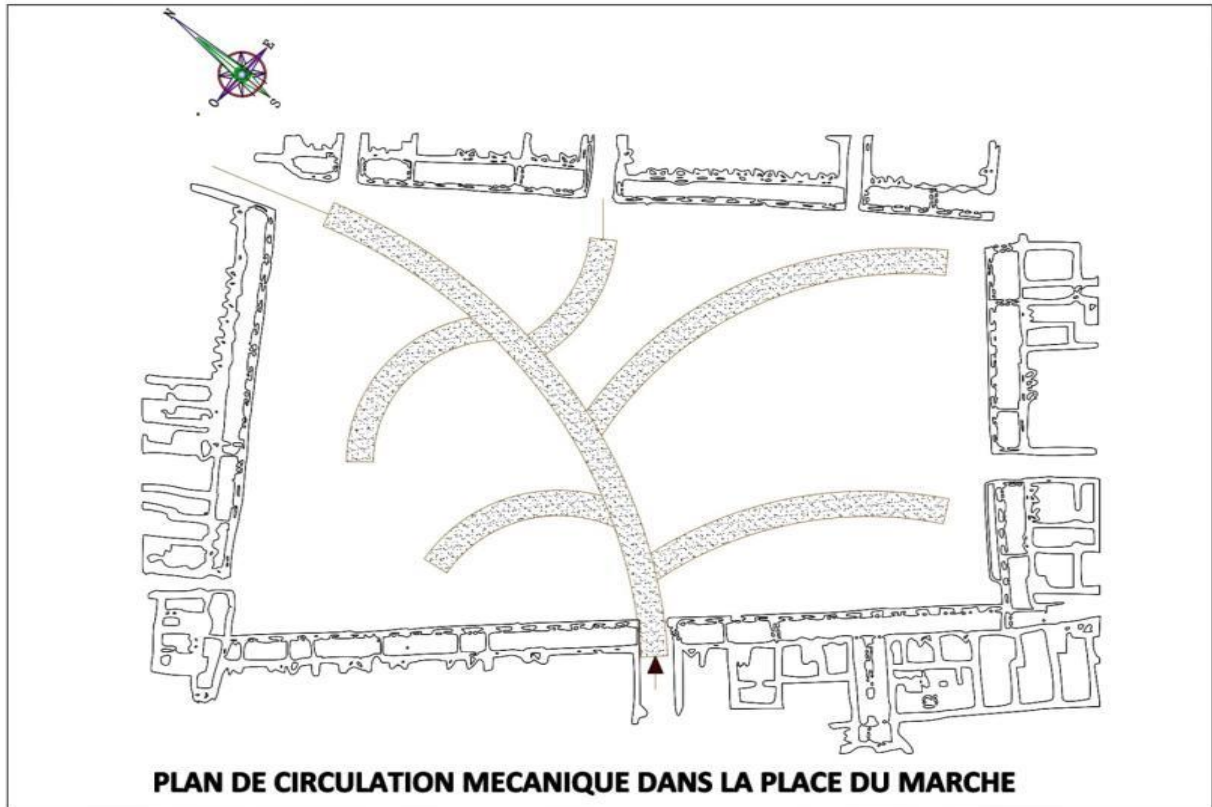
A partir des années 2000, sous l'essor de l'industrialisation, les modes constructifs et les matériaux de construction se sont standardisés. Certains matériaux locaux, comme la chaux traditionnelle et les pierres de construction, ont commencé à disparaître et la demande a diminué.

#### **4-2-Caractérisation des éléments de pavés et essais :**

Les pierres naturelles de la place du marché de Ghardaïa doivent répondre à des exigences minimales de base, comme le trafic de poids légers utilisés pour le transport et le déchargement des légumes et des fruits qui entrent quotidiennement sur le marché.

Ainsi, la pierre sera choisie en fonction de sa résistance mécanique, Plusieurs documents régissent l'utilisation de la pierre naturelle dans une application en pavage, dans notre étude on utilise les clause des cahier des charges appliqué en 2002 pour le projet de pavage en pierre de la place du marché et les normes européennes de l'ouvrage de pierre de taille, Ministère de la Culture française, aussi, une Partie de cahier de clause technique particulière pour les travaux d'Entretien et de restauration des revêtement en pierre et le guide de l'auto constructeur appliqué en algérien et les documentaire de l'archive de l'OPVM de Ghardaïa .

On s'appuiera également sur les prescriptions techniques PTV 841, version 0.1, de l'Organisme impartial de Contrôle de Produits pour la Construction COPRO, en Belgique, pour pierre naturelle pour pavage extérieur.



**Figure 4.1 : plan de circulation mécanique dans la place du marché**Source : Auteurs

### 4-3-les caractéristiques géotechniques et géométriques de la pierre

Les éléments en pierre naturelle pour le pavage de la place du marché sont répartis en deux types sur base de la forme et des dimensions : les pavés et les bordures en pierre aussi les pavés et les bordures récupérés. Pour chaque type, une norme géométrique exigée au cahier des charges.

#### 4-3-1- Pavés :

Généralement le pavé est un élément en pierre naturelle, obtenu par découpage et taillage, dont aucune dimension en plan ne dépasse deux fois l'épaisseur, et dont la longueur ne dépasse pas deux fois la largeur. L'épaisseur nominale minimale est de 15 cm, Les pavés utilisés dans la place du marché présentent des caractéristiques suivantes :

**A- Dimensions :** Conformément aux clauses technique de cahier des charges les dimensions de pavés utilisé en place marché sont variés entre : 17 cm à 20 cm en largeur et 25 cm à 30 cm en longueur avec une épaisseur nominale minimale est de 15 cm.

## Chapitre 4 : Caractérisation des matériaux

---

**B- Couleur :** La couleur de la pierre locale (tendant vers le beige ou marron clair) , suivant le gisement de carrière locale sélectionné. [10]

**C- Type :** Deux types de pavé utilisés dans la place du marché :

**C-1- Le pavé platine** est type de pavage à une face visible rectangulaire ou carrée et une épaisseur en forme de **coupe trapézoïdale**.

**C-2- le pavé oblong** est type de pavage à une face visible rectangulaire ou carrée et une épaisseur en forme de **coupe rectangulaire**.

- les formats mentionnés des dimensions pour les pavés correspondent généralement à des valeurs minimum et maximum pour tenir compte des tolérances dimensionnelles applicables. [1]

### 4-3-3-Bordures :

Élément en pierre naturelle dont la longueur est supérieure à 30 cm, généralement est une rangée de pierre parallélépipédique placée au bord de galerie des façades, dans la place du marché les bordures en pierre ont été récupérées et posées, La partie restante des bords a été fabriquée et posées. [9]



**Photo 4.1 : Stockage le pavé.** Source : [4]

### 4-4 -Essais liés à l'utilisation de la pierre naturelle en voirie

A noter que la résistance à la compression n'est pas le seul test à prendre en compte pour le pavage à l'emploi de voirie, Mais il y a plusieurs tests qui doivent être pris en compte dans de tels projets, La place du marché est considérée quotidiennement vulnérable aux piétons et aux véhicules mécaniques représentés par les camions déchargeant les légumes, les fruits et les produits de l'activité commerciale du marché et les camions des déchets ménager et assimilé associés aux déchets commerciaux et les camions des déchets inerte lié à

## Chapitre 4 : Caractérisation des matériaux

l'activité urbaine telle que les travaux de démolition et de construction, ainsi qu'aux véhicules privés qui utilisent la place comme parking après sept heures du soir de chaque jour, Il y a aussi une forte circulation de motos, Sur cette base, le pavage en pierre de la place du marché peut être considéré comme un type de revêtement routier. [6]

Dans notre étude, nous décrivons les essais de laboratoire qui doivent être réalisés sur des pavés pour vérifier l'aptitude à l'emploi comme un type de revêtement routier, Les critères techniques à atteindre étant intrinsèquement liés à la provenance géologique de la pierre, il est impératif d'en faire une identification exhaustive au préalable. Un soin particulier devra être accordé à l'échantillonnage de la pierre, les essais devant être réalisés sur ceux-ci.

### 4-4-1- Les essais déterminant la performance à l'usage

Ces expériences offrent la possibilité d'évaluer les résultats dans les conditions d'utilisation prévues. Il inclut des épreuves pour évaluer la résistance mécanique (compression et flexion).

**A- Essai de résistance à la compression :** exprimée en MPa, permet de déterminer le niveau de sollicitation admissible en compression. [6]

classe d'utilisation	Résistance à la compression $E_L$ (MPa)	Usage
0	Pas d'exigences	Décoration
1	>50	Paves posés sur mortier, usage piétonnier uniquement
2	>50	Zones piétonnières et cyclables; jardins, balcons
3	>85	Accès occasionnel de véhicules automobiles, de véhicules légers et de motocyclettes
4	>85	Zones de circulation piétonnière, places du marché empruntées occasionnellement par les véhicules de livraison et de secours
5	>100	Zones de circulation piétonnière fréquemment empruntées par des poids lourds
6	>100	Routes et rues; stations-services

**Tableau 4.1 : Classes d'utilisation et résistances à la compression minimales attendues  $E_L$  correspondantes pour les pavages en pierre naturelle. PTV 842 (Centre de recherches routières CRR 2017)**



## Chapitre 4 : Caractérisation des matériaux

**B- La résistance à la flexion** : exprimée en MPa, permet de déterminer le niveau de sollicitation admissible en flexion pour les pavés et les bordures. [6]

L'éprouvette est placée sur deux rouleaux d'appui et la charge est appliquée suivant un axe central parallèle aux deux rouleaux (essai de flexion 3 points), La résistance à la flexion d'un élément en pierre naturelle est déclarée en termes de «résistance à la flexion minimum attendue»

**NB** : l'essai de la résistance à la flexion est habituellement effectué sur des bordures, et étant donné que les bordures dans la place du marché ne sont utilisées que dans les couloirs des arcades, cette expérience n'a pas été prise en considération.

Charge de rupture ( MPa)		Usage
0	Pas d'exigences	Décoration
1	>0,75	Dalles posées sur mortier, usage piétonnier uniquement
2	>3,5	Zones piétonnières et cyclables; jardins, balcons
3	>6	Accès occasionnel de véhicules automobiles, de véhicules légers et de motocyclettes
4	>9	Zones de circulation piétonnière, places du marchés empruntées occasionnellement par les véhicules de livraison et de secours
5	>14	Zones de circulation piétonnière fréquemment empruntées par des poids lourds
6	>25	Routes et rues; stations-services

**Tableau 4.2 : Classes d'utilisation et charge de rupture minimale exigée**

Source : les normes NBN EN 1341 (annexe A) et NBN EN 1343 (annexe A) et les PTV (841 et 843)

## Chapitre 4 : Caractérisation des matériaux

---

### 4-4-2-Essais des caractéristiques physiques

**La masse volumique apparente** : reflète le degré de compacité du matériau et permet d'évaluer la masse pour un volume donné. Elle s'exprime en  $\text{kg/m}^3$  et varie approximativement entre  $2\,500\text{ kg/m}^3$  et  $3\,000\text{ kg/m}^3$ .

Cette caractéristique s'exprime parfois sous une autre forme: **la densité apparente** qui correspond à la masse volumique apparente du matériau divisée par la masse volumique de l'eau (soit  $1\,000\text{ kg/m}^3$ ), Il s'agit donc d'une caractéristique ne possédant pas d'unité.

**La porosité ouverte** : Est déterminée par la proportion de vides (pores) dans la pierre, reliés entre eux et donc accessibles à l'eau, par rapport au volume total de la pierre. Ce paramètre est mesuré par imprégnation d'eau sous vide total. Généralement exprimé par un pourcentage en volume (volume %), il représente le volume des pores ouverts par rapport au volume total de la pierre. Il varie d'une valeur presque nulle (granites très compacts) à une valeur proche de 50 % (calcaire tendre). [6]

### 4-4-3-Essais de durabilité

Les essais de durabilité sont utilisés pour évaluer la capacité du matériau à résister à divers facteurs d'agressivité. Ces tests garantissent que les propriétés intrinsèques et performantes initiales seront maintenues au fil du temps.

**La résistance à l'usure** : Il permet d'évaluer le comportement d'un élément en pierre naturelle face à l'abrasion mécanique causée par le frottement de particules fines. Les normes européennes définissent la méthode d'essai comme étant la mesure de l'empreinte laissée par un disque métallique qui frotte sur un échantillon de pierre (méthode Capon). Plus l'empreinte est courte, plus la pierre est résistante à l'usure.

**NB : cette méthode de Capon n'a pas été prise en compte en raison du manque de technologie et de matériel expérimental au niveau des laboratoires algériens.**

**La résistance au gel-dégel** : En hiver, l'eau présente dans les cavités de la pierre peut geler et accroître considérablement le volume des parois des éléments. Il est possible que cela entraîne l'émergence de microfissures qui se forment avec l'alternance de cycles de gel-dégel et entraînent des éclats, des pertes de matière, des écaillages et des affaiblissements des caractéristiques. Souvent, cela entraîne la destruction totale du produit.

## Chapitre 4 : Caractérisation des matériaux

La capacité à résister au gel est l'un des critères de durabilité les plus cruciaux pour les utilisations en extérieur. La sélection d'un pavé qui ne résiste pas aux cycles de gel-dégel provoquera une dégradation rapide de ce pavé, avec toutes les conséquences qui en découlent.

[6]

**NB : En raison du climat qui prévaut dans la région de Ghardaïa, cet essai n'est pas pris en compte.**

### 4-4-4-Comptage provisoire de trafic de la place du marché

Le comptage provisoire du trafic dans la place du marché vise généralement de prévoir l'évolution du trafic et de dénombrer les voitures et les poids lourds empruntant la place pour chargement et déchargement des produits commerciaux. Il est ainsi possible de vérifier la fréquentation et la fluidité dans la place du marché, Ceci afin de proposer des mesures et des procédures pour réduire la continuité des dommages aux pavés en pierre.

Comptage réalisé du **27/03/2024** de six heures du matin à midi

Type de véhicule mécanique	Charge totale	Nombre	Cas
Camion	Inférieur à 7 tonne	17	Chargement et déchargement
Véhicule	Inférieur à 2,5 tonne	28	Chargement et déchargement
Véhicule	Inférieur à 1,2 tonne	36	Véhicule privé
Moto	/	117	Privé

**Tableau 4.3 : comptage de trafic de la place du marché de Ghardaïa 27/03/2024**

Source : Auteurs

## Chapitre 4 : Caractérisation des matériaux

Comptage réalisé du **27/03/2024** De six heures du matin à midi et de six heures du soir à dix heures du soir

Type de véhicule mécanique	Charge totale	Nombre	Cas
Camion	Inférieur à 7 tonne	32	Chargement et déchargement
Véhicule	Inférieur à 2,5 tonne	41	Chargement et déchargement
Véhicule	Inférieur à 1,2 tonne	49	Véhicule privé
Moto	/	226	Privé

**Tableau 4.4 : comptage de trafic de la place du marché de Ghardaïa 30/03/2024**

Source : Auteurs

En conséquence, nous suggérons de prendre les actions et mesures suivantes :

- Permettre aux motos d'entrer et de sortir dans les limites de vitesse autorisées,
- Permettre aux véhicules légers destinés au chargement et au déchargement ont une charge utile totale limitée ne dépassant pas 2,5 tonne,
- Les points de collecte des déchets doivent être en dehors la place du marché,

Ces mesures auraient dû être prises en considération et la stricte application des lois avec la participation des occupants du marché et des associations actives.

### **4-5-Caractérisation de la chaux :**

La chaux se trouve dans la région de Ghardaïa dans une croûte dure de carbonate de chaux qui se forme à la surface des pierres calcaires et les protège. Elle est considérée comme une matière première appelée calcaire, et en calcinant le calcaire on obtient de la chaux vive.

## Chapitre 4 : Caractérisation des matériaux

---

Dans la place du marché à été utilisé la chaux en pierre locale vive, que ce soit dans la couche de pose de pavés ou dans le mortier utilisé dans les façades.

La chaux est considérée comme l'un des matériaux de base faisant partie des matériaux locaux traditionnels pour la restauration et la réhabilitation des sites patrimoniaux.

### 4-5-1-Propriétés de la chaux en pierre dans les mortiers :

La chaux est une pierre calcaire éteinte. On obtient cela en cuisant du calcaire calibré à une température de +/- 1000 °C (chaux vive), puis en l'additionné avec de l'eau. L'éteinte de la chaux possède la capacité de réagir avec le CO<sub>2</sub> de l'air afin de recréer du calcaire. [5]

Dans la place du marché, Nous utilisons traditionnellement le mortier bâtard qui a fait ses preuves au fil des siècles. Il s'agit là d'un mortier qui comprend comme liants, à la fois de la chaux éteinte et du ciment. Le mélange préalablement dosé de chaux éteinte et de ciment dans une proportion volumique de 2/3 : 1/3 (2/3 chaux, 1/3 ciment).

La chaux ne peut être utilisée comme liant dans le mortier que sous sa forme réactive de chaux éteinte :

- lors du gâchage et de la mise en œuvre ;
- lors de la prise et du durcissement ;
- après le durcissement, pour assurer la pérennité de la maçonnerie

### 4-5-2-Prise et durcissement des mortiers :

Il est crucial que le processus de durcissement d'un mortier de maçonnerie se déroule correctement afin de garantir la qualité de la maçonnerie et ainsi assurer sa durabilité. L'importance de la chaux éteinte réside dans sa capacité à retenir l'eau et dans la déformation des particules de chaux. Le durcissement de la chaux éteinte se fait encore plusieurs années plus tard, par réaction de la chaux avec le gaz carbonique de l'air. [5]

La chaux éteinte, en retenant l'eau pendant une longue période, régule le processus de pénétration du ciment dans le mortier bâtard. L'eau s'écoule progressivement du mortier. L'élément déformable entre la rigidité des grains de sable et du ciment dans le mortier est la chaux éteinte, qui augmente la densité et l'homogénéité du mortier, ainsi que sa capacité à compenser les phénomènes de retrait. La maçonnerie est exposée à diverses tensions et forces lors du durcissement, ce qui peut entraîner des fissures ou rompre l'adhérence entre les

## Chapitre 4 : Caractérisation des matériaux

---

particules de ciment. La souplesse de la chaux éteinte dans le mortier permet de remplir tous les pores et de garantir la cohérence du mortier. Cela réduit la probabilité de fissuration lors des étapes de prise et de durcissement.

La présence de la chaux dans le mortier assure l'absorption et le dégagement de l'humidité sous forme de vapeur, sans que cela ne mette en péril les propriétés du mortier. Cela prévient l'absorption totale de l'eau dans le joint de mortier et l'inondation des pores.

### **Conclusion :**

Pour le pavé en pierre locale, il est essentiel de prendre en considération toutes les caractéristiques et les essais exigés dans ce chapitre, ainsi que les exigences correspondantes. Toutes ces caractéristiques influenceront la résistance du matériau sélectionné. En ce qui concerne le projet de la place du marché, un seul type d'essai a été effectué, à savoir l'essai de résistance à la compression, qui est un critère déterminant de la performance à l'usage. Cet essai est particulièrement pertinent pour les pavés. Les critères déterminent la capacité minimale de résistance à la compression en fonction de la charge des véhicules mécanique.

Quoi qu'il en soit, toutes les entreprises de réalisation de projets de la place du marché ont atteint la résistance minimale à la compression attendue de 50 MPa, grâce à une certification en laboratoire.

Tous les autres tests n'ont pas été pris en compte, car nous avons évoqué les raisons techniques qui ont empêché de les réaliser sur des pierres utilisés en pavés en pierre.

Pour les façades, du mortier bâtard a été utilisée, comme un enduit de traitement, donc la chaux éteinte étant le liant aux propriétés distinctives et efficaces. Toutes ses caractéristiques techniques ont été discutées sur la base du fait qu'il s'agit d'une matière première extraite localement sous forme de pierres calcaire (chaux vive) Jusqu'à ce qu'elle se transforme en chaux éteinte à l'aide de l'eau.

**Chapitre 5 :**  
**Entretien et réparation des**  
**dégradations**

## **Chapitre 5 : Entretien et réparation des dégradations**

---

### **Chapitre 5 : Entretien et réparation des dégradations**

#### **5-1- Introduction :**

En octobre 1997 la place du marché - pour la première fois depuis son existence - une vaste opération de restauration au niveau des façades entourée de la placette, Cette opération toucher les traitements des façades et corrections architecturales, consolidation des poutres et des murs, crépissage en mortier à chaux. Le but principal de cette opération est de restaurer les façades. [11]

En Juin 2002 la place du marché de Ghardaïa - pour la deuxième fois depuis son existence- une vaste opération de réhabilitation redonnant ainsi à cet espace son vrai visage historique (lieu de rencontres d'échanges et de convivialité). Cette opération comprenait l'ensemble des éléments constituant la place du marché commençant par les travaux de la rénovation des réseaux divers regroupent les infrastructures cruciales telles que les réseaux d'eau potable, de gaz, d'électricité et de télécommunications et réseau d'éclairage , puis les travaux de pavage en pierre naturelle locaux taillée. [11]

Depuis 2002 jusqu'à aujourd'hui, la place du marché n'a fait l'objet d'aucune restauration ni entretien.

L'absence d'entretien régulier au cours des vingt dernières années a entraîné des dommages structurelles dans les poteaux des arcades avec des fissures au niveau des façades, aussi des dommages à plusieurs parties du pavage en pierre en raison de travaux de réparation du réseau d'alimentation en eau potable à plusieurs endroits, et dégradation d'un élément par éléments endommages, écaillage, éclatement, usure et Perte de cohésion structurelle du pavé due à des joints trop larges.

#### **5-2- Entretien et réparation des dégradations:**

##### **5-2-1- Les dégradations et l'entretien :**

Il est nécessaire d'effectuer un entretien régulier des pavés en pierre naturelle, comme pour tous les pavés en pierre dans les espaces publics. En outre, si le pavé de pierre n'est pas soigné de manière préventive, il sera nécessairement dégradé plus longtemps.

Entretenir à temps et effectuer de petites interventions permet parfois d'éviter que les dégradations ne s'étendent et qu'une réfection complète devienne nécessaire. Dans la pratique, cet entretien préventif est souvent négligé car il semble à court terme assez cher et



## Chapitre 5 : Entretien et réparation des dégradations

---

chronophage. Néanmoins, à moyen ou long terme, il peut être rentable si la reconstruction est postposée.

Afin de gérer efficacement le pavé en pierre naturelle, il est nécessaire de réaliser et d'organiser les travaux d'entretien de la manière suivante :

### **A - L'entretien préventif:**

L'entretien préventif du pavé en pierre permet de garantir son bon fonctionnement de la place du marché. Il est recommandé de planifier régulièrement un tel entretien. Il est nécessaire d'élaborer ou de suivre une stratégie pour y parvenir, y compris l'inspection du pavé en pierre, la fréquence requise, le niveau d'intervention et les priorités, ainsi que le calendrier des mesures. Il peut être nécessaire d'effectuer une inspection des joints des pierres en ciment et des dégradations locales, telles que l'affaissement local, pour réparer les joints ou remplacer le pavé.

### **B - L'entretien curatif:**

Un entretien curatif implique des interventions de réparation en cas de défauts à l'échelle locale. Il comprend une protection et la sécurité de l'utilisateur, le confort d'utilisation pour les clients et visiteurs du marché et la durabilité le site. Comme la réparation des fuites du réseau d'AEP, Des dégradations de ce type requièrent une intervention rapide, parfois urgente et provisoire pour endiguer le risque. Ces réparations sont généralement suivies de la restauration d'une partie de pavés planification de plus gros travaux d'entretien, qui peuvent aboutir à la réfection complète de la structure de pavage (fondation comprise) sur cette zone dégradé.

### **C - Le nettoyage des pavés:**

Le nettoyage du pavé en pierre englobe toutes les mesures habituellement requises pour maintenir sa propreté. L'objectif de cet entretien est d'assurer le bien-être des utilisateurs (et des résidents du quartier), la qualité hygiénique et la sécurité. Particulièrement, le sable sec accumulé dans les joints de pierre doit être nettoyé.

Avant d'agir (préventif et/ou curatif), il est essentiel de chercher les origines des dégradations. Afin de réaliser un entretien adéquat et efficace, Plusieurs raisons expliquent les défauts et les dégradations des pavés en pierre naturelle de la place du marché :

-Les réfections des réseaux d'AEP, Il en résulte une mauvaise façon de refaire un pavé en pierre de la section traitée;

-La charge de trafic de poids lourd;

-Durée d'ouvrabilité des matériaux liés jointolement au ciment;

## Chapitre 5 : Entretien et réparation des dégradations

- Compactage insuffisant de quelque section localisée;
- Négligence lors de la coupe des pavés;

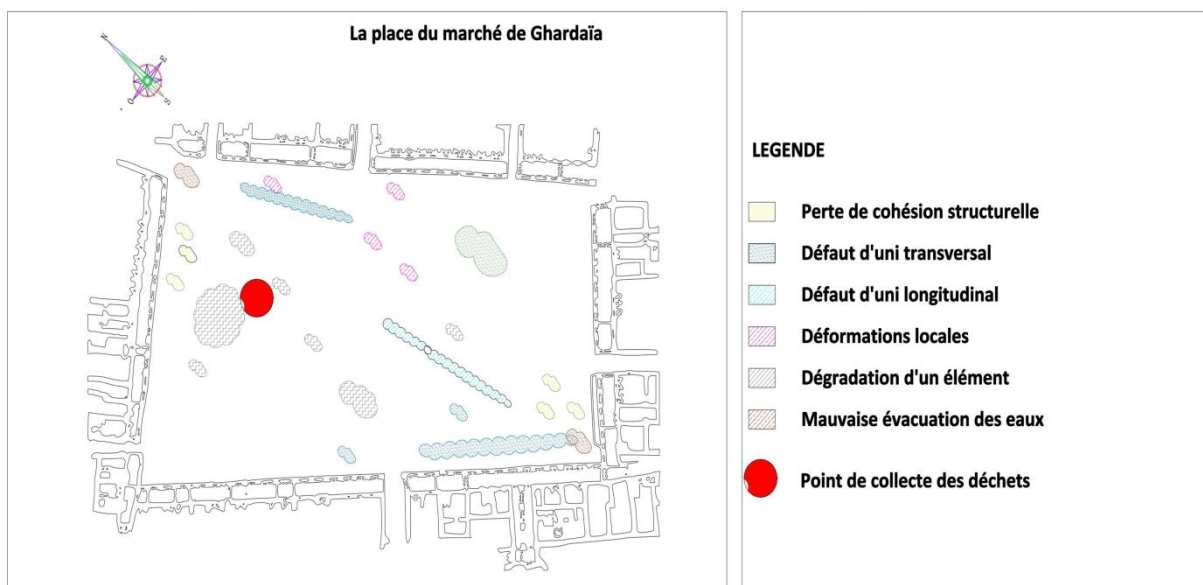


Figure 5.1 : Principales dégradations de pavés. Source : Auteurs

### 5-2-2- Principales dégradations observées au niveau de pavés :

Les principales dégradations observées dans la place du marché de Ghardaïa au niveau de pavés en pierre naturelle sont les suivantes:

#### A - Perte de cohésion structurelle:

##### A-1- Description du dommage et de ses causes:

Un premier groupe important de dégradations observées au niveau de plusieurs sections de la place du marché confiné à la partie de la parcelle Sud-ouest et Nord-ouest, ce groupe de dégradations est lié à la perte de cohésion dans les pavés. Cela peut avoir un rapport avec une largeur de joint excessive, probablement due à la qualité de l'exécution (exemple : remplissage des joints incorrect) ou à de trop grands écarts dimensionnels des éléments.

Les éléments peuvent également perdre leur cohésion en raison de déplacements ou de détachements, tels que des joints trop larges, un appareillage inadapté ou une finition non soignée aux bords et autour des points singuliers. Aussi en raison de la perte de la couche de jointement, ce qui entraîne à des joints trop étroits. Ces parcelles ont été réalisées avec de pavés taillés de manière traditionnelle.

## Chapitre 5 : Entretien et réparation des dégradations

---



**Photo 5.1 : Perte de cohésion structurelle due à une finition non soignée autour des points singuliers.** Source : Auteurs



**Photo 5.2: perte de cohésion structurelle due à un appareillage inadapté.** Source : Auteurs

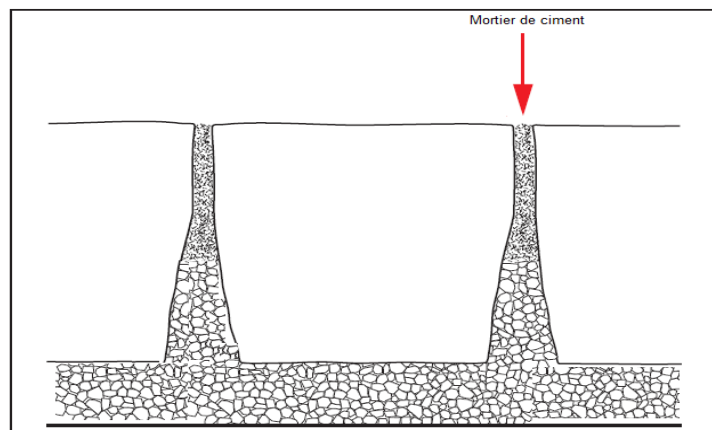


**Photo 5.3 : Perte de cohésion structurelle du pavé due à des joints trop larges, à des joints trop étroits.** Source : Auteurs

### A-2- Solution de réparation:

Pour les sections qui ont perdu la couche de jointoiment, ce qui entraîne à des joints trop étroits, Nous proposons la solution suivante:

- Nettoyage les joints de pavés en pierre;
- Lavage les pavés en pierre à l'eau et les humidifier;
- Remplissages les joints selon les normes et dosage.



**Figure 5.2 : Remplissages les joints.** Source : Auteurs

Pour les sections qui ont perdu de cohésion structurelle du pavé due à des joints trop larges, à l'absence à une finition non soignée aux bords et autour des points singuliers, il

## Chapitre 5 : Entretien et réparation des dégradations

---

est préférable de ne pas interférer avec ces sections car cela nécessite une planification minutieuse, Cela risque d'aggraver la situation des sections voisins.

### B- Déformation de défaut d'uni transversal :

#### B-1- Description du dommage et de ses causes:

En général, les pavés en pierre naturelle présentent un défaut d'uni transversal en raison de :

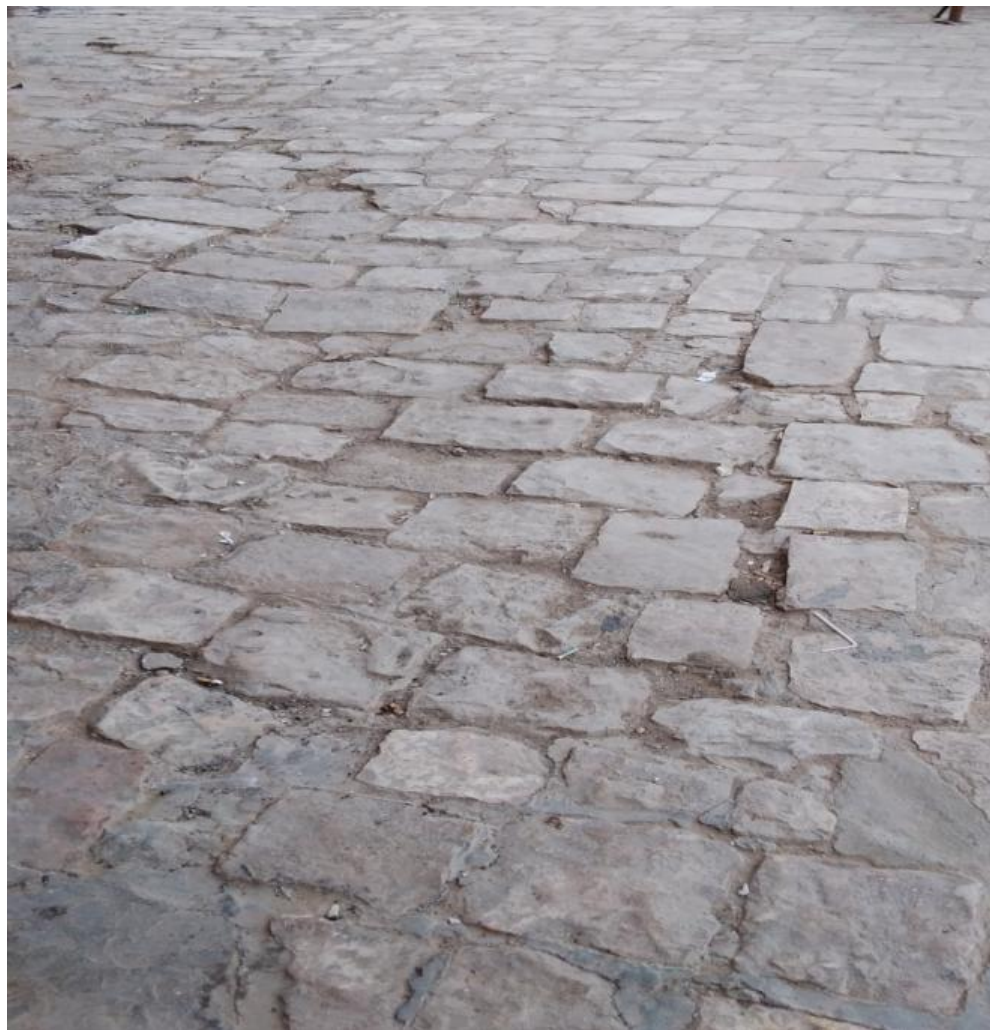
- Des défauts dans la fondation dont la portance est insuffisante en raison d'un mauvais compactage;

- Des tranchées mal compactées, Après les travaux de réparation de fuite sur le réseau d'AEP, avec une main d'œuvre non qualifiée pour restaurer le pavés en pierre, Ces dégradations observées au niveau de plusieurs sections de la place du marché confiné à la partie de parcelle Sud –Ouest.

Au moment de réparer de telles dégradations, il est donc essentiel de commencer par supprimer les origines, qui peuvent se trouver au niveau de la fondation sous l'influence du trafic.



**Photo 5.4 : Un mauvais compactage.** Source : Auteurs



**Photo 5.5 : Défaut de pose de pavés.** Source : Auteurs

### **B-2- Solution de réparation :**

Les travaux de réparation de réseaux d'AEP réalisés par les agents d'entretien de l'ADE. Quand un pavé en pierre doit être partiellement retiré puis remis en place selon les normes et mêmes règles de bonne pratique (compactage, qualité de la couche de pose et l'appareillage droit de pose de pavés et remplissage des joints) doivent être respectées et l'attention nécessaire à la réparation doit être apportée, pour éviter par la suite des dégradations prématurées, Dans le cas de dégradations identifiés dans la place du marché, le

## Chapitre 5 : Entretien et réparation des dégradations

---

processus de réparation comme une solution doit être répété et respecté les règles de bonne pratique (compactage, appareillage, jointements).

### C- Déformation de défaut d'uni longitudinal :

#### C-1- Description du dommage et de ses causes:

Les causes possibles d'un défaut d'uni longitudinal incluent des variations de dilatation thermique avec les contraintes correspondantes en cas de fondations liées, ainsi que des raccords avec d'autres parcelles du pavé qui a été réalisé par un autre entrepreneur.



**Photo 5.6 : Défaut d'uni longitudinal.**Source : Auteurs

## Chapitre 5 : Entretien et réparation des dégradations

---

### C-2- Solution de réparation:

Les pavés en pierre doivent être retirés entièrement le long de la distance dégradées et avec suffisamment de largeur pour couvrir les pièces endommagées puis remis en place selon les normes et mêmes règles de bonne pratique (compactage, qualité de la couche de pose et l'appareillage droit de pose de pavés et remplissage des joints).

Même solution technique, adoptée selon le guide de pavés modulaires en pierre naturelle.

### D- Déformations locales:

#### D-1- Description du dommage et de ses causes:

Les erreurs dans la réalisation ou la mise en place d'un revêtement en pierre naturelle sont souvent signalées par des déformations locales telles que des disparités et des affaissements locaux. Il est possible que les dégradations soient dues à une mauvaise conception, Certaines parties limitées ont été enregistrées au niveau de la place du marché.

Des affaissements locaux peuvent être dus à des défauts dans la fondation suite à un mauvais compactage ou à un défaut d'uni ou à une accumulation d'eau dans une partie surfacique de pavés à une finition peu soignée autour des points singuliers.



**Photo 5.7: Déformation locale.** Source : Auteurs





**Photo 5.8 : Déformations locales dues à une exécution peu soignée**Source : Auteurs

### **D-2- Solution de réparation :**

Les pavés de la zone endommagée doivent être retiré puis remis en place selon les normes et mêmes règles de bonne pratique (compactage, qualité de la couche de pose et l'appareillage droit de pose de pavés et remplissage des joints).

## Chapitre 5 : Entretien et réparation des dégradations

---

### E- Dégradation d'un élément :

#### E-1- Description du dommage et de ses causes:

La dégradation de cette forme est généralement causée par l'usure ou l'écaillage de la surface (Texture) de l'élément, par exemple en raison des charges de trafic plus élevées que prévues et des impacts des pneus lors du freinage.

Cette dégradation s'observe au niveau de la parcelle Nord-Ouest dans la ligne de circulation des véhicules mécaniques entrant sur la place du marché



**Photo 5.9 : Eclatement des pierres.** Source : Auteurs

## Chapitre 5 : Entretien et réparation des dégradations

---



**Photo 5.10 : Désintégration des pierres.** Source : Auteurs



**Photo 5.11 : Eclatement de pierres.** Source : Auteurs

## Chapitre 5 : Entretien et réparation des dégradations

---



**Photo 5.12 : Point de collecte des déchets ménagers.** Source : Auteurs



**Photo 5.13 : Collecte des déchets.** Source : Auteurs

### **E-2- Solution de réparation :**

La zone affectée des pavés doit être complètement enlevée puis remis en place selon les normes et mêmes règles de bonne pratique (compactage, qualité de la couche de pose et l'appareillage droit de pose de pavés et remplissage des joints).

Même solution technique, adoptée selon le guide de pavés modulaires en pierre naturelle.

## Chapitre 5 : Entretien et réparation des dégradations

---

### F- Mauvaise évacuation des eaux :

#### F-1- Description du dommage et de ses causes:

Nombre des dégradations sont liées à une mauvaise évacuation des eaux des pavés. Dans le cas d'un pavage en pierre, il faut prévoir une bonne évacuation des eaux pour éviter des dégradations: d'une part à la surface, en prévoyant une pente transversale suffisante pour évacuer aussi rapidement que possible l'eau vers les avaloirs.

Dans la place du marché de Ghardaïa, il y a un point noir, Situé dans la partie nord de la rigole où se trouve un avaloir des eaux pluvial ( exactement au début de la rue vendant des légumes et des fruits), Cet avaloir a pour but d'évacuation des eaux pluviales s'écoulant de cette rue, Mais en réalité, cet avaloir sert à évacuer l'eau de nettoyage des magasins de fruits et légumes, ce qui a pour conséquence de la boucher à plusieurs fois, À cause des déchets de légumes , notamment des déchets d'oignons, qui s'accumulent à l'intérieur de l'avaloir, Pendant que les agents de nettoyage et d'entretien interviennent pour débouchage, Les pavés de cette zone sont endommagés en raison de la pénétration de l'eau dans la couche de pose.

Cet avaloir est conçu dans le but d'évacuer les eaux de pluie de mousson s'écoulant de la rue en pente.



**Photo 5.14 : L'avaloir est bouché.** Source : Auteurs

## Chapitre 5 : Entretien et réparation des dégradations

---



**Photo 5.15 : Dégradations résultant d'un mauvais d'évacuation.**Source : Auteurs



**Photo 5.16 : Avaloir en état dégradé.** Source : Auteurs

## Chapitre 5 : Entretien et réparation des dégradations

---

### F-2- Solution de réparation :

Une décision doit être émise pour empêcher les commerçants d'exploiter cet avaloir comme solution pour stopper la détérioration des pavés à cet endroit. Informer les représentants de l'association du marché et les représentants de la municipalité de ce danger qui menace le site patrimonial afin de contribuer à encourager les commerçants dans une démarche de sensibilisation pour réduire leurs pratiques illégales.

La zone affectée des pavés doit être complètement enlevée puis remis en place selon les normes et mêmes règles de bonne pratique (compactage, qualité de la couche de pose et l'appareillage droit de pose de pavés et remplissage des joints).

D'après le guide de pavés modulaires en pierre naturelle, de tels cas sont traités en retirant toute la partie endommagée et en la remettant à sa place selon les normes.

### G- Dégradations locales avec perte de matériau :

#### G-1- Description du dommage et de ses causes:

Travaux réalisés par les commerçants qui occupent le marché, avec des interventions individuelles pour tenter de réparer des trous de petite surface à l'aide d'une chape de béton ou pour remettre à leur place des pavés de mauvaise qualité.



**Photo 5.17 : Restauration avec une chape de Béton.** Source : Auteurs



## Chapitre 5 : Entretien et réparation des dégradations

---



**Photo 5.18 : Des pavés de mauvaise qualité.** Source : Auteurs



**Photo 5.19 : Restauration avec une chape de Béton.** Source : Auteurs

### **G-2- Solution de réparation :**

Les endommagée surfacique doivent être retiré puis remis en place le pavé en pierre selon les normes et mêmes règles de bonne pratique (compactage, qualité de la couche de pose et l'appareillage droit de pose de pavés et remplissage des joints).

## **Chapitre 5 : Entretien et réparation des dégradations**

---

### **5-2-3- Les dégradations observées au niveau des façades :**

Une restauration de façade réussie et respectueuse du patrimoine augmente la valeur de site. Non seulement elle améliore l'esthétique et la solidité du bâtiment, mais elle témoigne aussi des engagements contremaîtres et spécialistes en construction traditionnelle envers la préservation du patrimoine architectural.

Il est essentiel d'utiliser des techniques de restauration adaptées aux matériaux locaux et au style architectural d'origine, afin de préserver l'authenticité des bâtiments anciens. Les professionnels spécialisés dans la rénovation du patrimoine disposent du savoir-faire nécessaire pour effectuer ces travaux dans le respect des traditions et des matériaux d'origine.

La rénovation des façades endommagées est une étape cruciale pour préserver et valoriser le site de la place du marché. En suivant les conseils et les techniques de restauration.

L'utilisation de techniques adaptées, le recours à des professionnels spécialisés et l'intégration des matériaux comme le ciment et l'acier peuvent optimiser la rénovation et assurer un résultat durable et patrimoine.

Les principales dégradations observées dans la place du marché de Ghardaïa au niveau des façades sont les suivantes :

#### **A. Dégradation le soubassement des colonnes des façades :**

##### **A-1- Description du dommage et de ses causes:**

Les colonnes des façades de la place du marché sont en pierres et gypse local, Les dommages structurels de ces colonnes sont dus à l'utilisation hétérogène des matériaux de construction lors des récentes opérations de restauration.

L'utilisation de mortier de ciment sur des éléments en pierre et en plâtre est interdite, car cela entraîne un gonflement et une rupture du mortier de ciment. En raison de l'humidité présente dans le gypse, celle-ci réagit et modifie les propriétés physiques du gypse.



**Photo 5.20 : Dégradation le soubassement des colonnes des façades.** Source : Auteurs

De nombreux ouvriers spécialisés dans les opérations de restauration utilisent le plâtre comme une poudre dans le mortier de ciment, Dans le but d'accélérer le temps de prise, Pour qu'ils puissent appliquer le mortier avec une épaisseur comprise entre 7 et 10 cm, C'est l'une des erreurs techniques auxquelles il faut prêter attention lors du suivi et du contrôle des travaux. Cela entraîne une non cohésion du mortier, il adhère mal au support et se décolle par plaques.

La majorité des maçonneries étaient enduites de ciment. Le ciment ne convient pas aux maçonneries du bâti ancien, il se fissure sans absorber les déformations de l'élément.

En raison de son imperméabilité, il empêche la respiration des maçonneries et retient l'humidité à l'intérieur des murs. De nature différente de la maçonnerie de pierre calcaire, il adhère mal au support et se décolle par plaques.[5]



**Photo 5.21 :Des matériaux de construction hétérogène.** Source : Auteurs

### **A-2- Solution de réparation :**

Pour traiter et restaurer ces colonnes, les étapes suivantes doivent être suivies :

- Décapage de l'ancienne couche de mortier à un mètre et demi de hauteur ;
- Etalement de plancher à l'intérieur de la galerie directement à côté de la colonne ;
- Décapage approfondi de du gypse collé aux pierres, Avec un bon nettoyage ;
- Exécuté un chemisage en béton se fait par l'addition des armatures longitudinales et transversales à l'élément déjà existant et puis la mise en place

## Chapitre 5 : Entretien et réparation des dégradations

d'un béton d'enrobage y compris le coffrage et toutes sujétions de bonne exécution ;

- Utiliser du mortier de ciment avec trois couches qui est couche adhérente, couche d'imperméabilisation et couche de finition (Voir l'explication dans le paragraphe suivant relatif à traitement des Dommages au crépissage ;
- Enfin, il faut appliquer de la peinture à l'eau de couleur sablée, Il a tendance à avoir une couleur qui ressemble à un mortier de chaux.

### B. Dommages au crépissage des colonnes

#### B-1- Description du dommage et de ses causes:

Enduit au mortier de chaux sur les colonnes en béton est considéré comme une erreur technique qui doit être évitée en raison des propriétés du mortier de chaux n'adhèrent pas au béton.



Photo 5.22 : Dommages au crépissage des colonnes restaurées Source : Auteurs

#### B-2- Solution de réparation :

- Décapage du vieux mortier de chaux des zones d'éléments en béton avec nettoyage et lavage le support. [5]
- Utiliser du mortier de ciment avec trois couches :

**1<sup>ère</sup> couche** : couche adhérente (Gobetis), elle est exécutée en une seule passe de gauche à droite et de bas en haut avec recouvrement des truellées.

**2<sup>ème</sup> couche** : couche d'imperméabilisation et de plantule (Corps d'enduit), elle est appliquées par bandes successives en deux passe sur un gobetis légèrement mouillé, l'enduit est pressé à la taloche puis dressé à la règle.

## Chapitre 5 : Entretien et réparation des dégradations

**3<sup>ème</sup> couche :** couche de finition (Parement), elle est appliquée une seule passe talochée puis appliqué le crépissage en régime de datte.

- Enfin, il faut appliquer de la peinture à l'eau de couleur sablée, Il a tendance à avoir une couleur qui ressemble à un mortier de chaux.

Dosage de mortier ciment de trois couches			
Par 1 m <sup>3</sup> de sable sec et propre			
Couche	Epaisseur (mm)	Dosage de ciment (Kg)	Dosage pratique
couche adhérente	2 à 5	500 à 600	1 sec de ciment pour 1,5 brouette de sable
couche d'imperméabilisation	8 à 12	400 à 500	1 sec de ciment pour 02 brouettes de sable
couche de finition	5 à 7	300 à 350	1 sec de ciment pour 2,5 brouettes de sable

**Tableau 5.1 : mortier de ciment en trois couches.** Source : [5]

### **Recommandations :** D'après le guide de l'autoconstruire

Pour appliquer le mortier de ciment en trois couches, il est recommandé :

- Le délai prescrit d'exécution après le gobetis est de 48 heures au minimum.
- Le délai prescrit d'exécution après le corps d'enduit est de 08 jours au minimum.

### **C. Dégradation d'une partie des crépissages de la façade :**

#### **C-1- Description du dommage et de ses causes:**

Cette partie du crépissage de façade a été endommagée par une fuite d'eau de pluie entre le mur et le crépissage due à la dégradation de la chape de protection au dessus de mur d'acrotère.

## Chapitre 5 : Entretien et réparation des dégradations

---



**Photo 5.23 : Dégradation de la chape de protection au dessus de mur d'acrotère, Cela a entraîné la endommagée d'une partie du crépiage. Source : Auteurs**



**Photo 5.24 : Dégradation d'une partie des crépiages. Source : Auteurs**

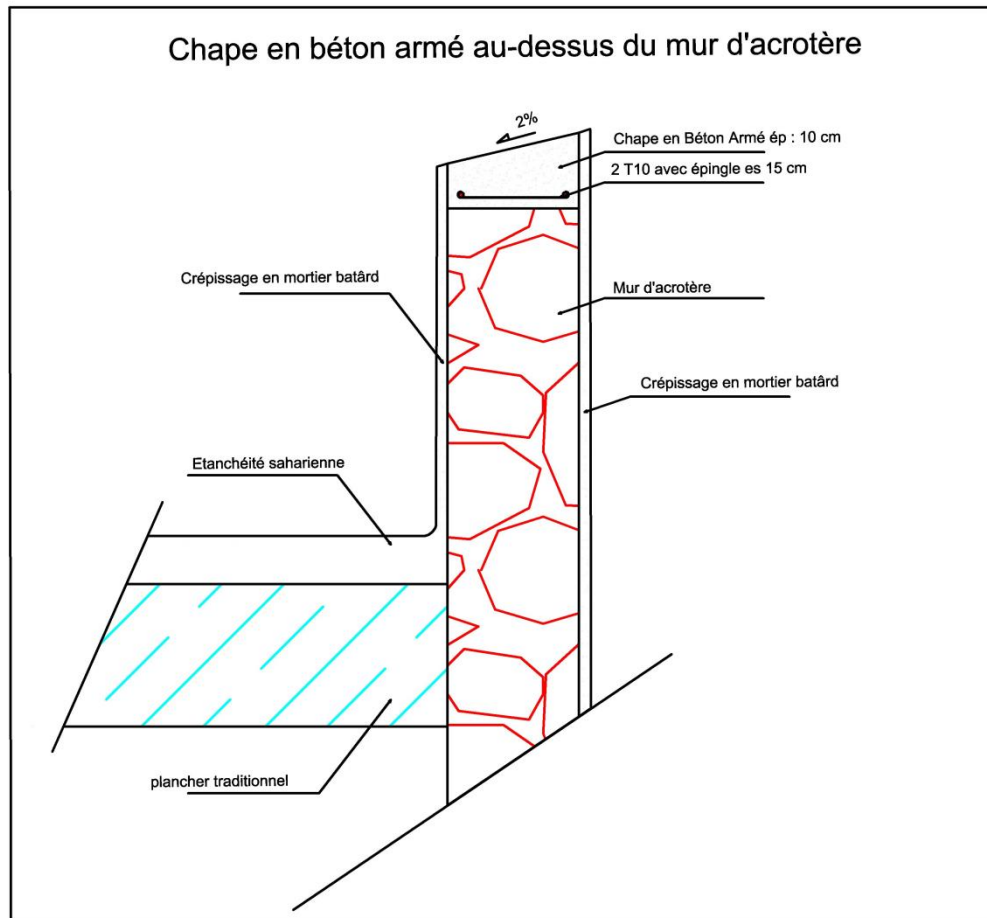


Figure5.3 : Chape en Béton Armé au-dessus du mur d'acrotère. Source : Auteurs

### C-2- Solution de réparation :

Pour faire face à ces défis, il est essentiel d'adopter des stratégies de restauration adaptatives, telles que l'utilisation de matériaux résistants modernes tels que le ciment et les barres d'armature et l'intégration de mesures de protection contre les intempéries.

Afin de restaurer ces cas de façades, les étapes suivantes doivent être suivies :

- Restauration la chape de l'acrotère, par une chape en béton armé ;
- Décapage des parties dégradées de l'enduit de façade ;
- Nettoyage les endroits endommagées de façade ;
- Utiliser du mortier de bâtard avec deux couches.

**La méthode pratique de préparation un mortier bâtard en deux couches est :**

**1<sup>ère</sup> Couche :** couche adhérente (Gobetis), elle est exécutée en une seule passe de gauche à droite et de bas en haut avec recouvrement des truellées.



## Chapitre 5 : Entretien et réparation des dégradations

**2<sup>ème</sup> Couche :** couche de finition (Parement), elle est appliquée une seule passe talochée puis appliqué le crépissage en régime de datte.

- Le délai prescrit d'exécution entre les deux couches est de 48 heures au minimum. [7]

Cette solution technique est adoptée selon le guide de l'autoconstruire.

### **D. Fissuration au niveau de la façade :**

Avant toute chose, il est impératif de déterminer les causes des fissures car si elles ne sont pas identifiées, vous aurez beau tout faire pour les réparer, elles réapparaîtront indéfiniment. Aussi, les fissures peuvent être liées à un défaut de structure ce qui oblige à procéder à d'autres types de travaux au préalable.

Ensuite, il faut faire la différence entre les fissures dites « actives » et les fissures dites « passives ». Comme leurs noms l'indiquent, une fissure active va continuer à progresser et à s'aggraver alors qu'une fissure passive ou inerte n'évoluera plus.

#### **D-1- Description du dommage et de ses causes:**

Après diagnostic de ces fissures en façade (photo 66), Il s'est avéré que le voisin du côté gauche de la façade a effectué des travaux de démolition du mur du premier étage et l'a reconstruit, En conséquence, le côté droit du mur de façade a été touché et des fissures sont apparues.



## Chapitre 5 : Entretien et réparation des dégradations

---

**Photo 5.25 : Fissures au niveau de la façade** Source : Auteurs

### **D-2- Solution de réparation :**

Souvent dans de tels cas, Ces fissures sont passives, La première étape est d'élargir légèrement la fissure morte, à l'aide d'un grattoir triangulaire. Il s'agit de gratter à l'intérieur pour supprimer toutes les parties friables de la façade. Le but est de créer une sorte de tranchée triangulaire qui pourra mieux accueillir l'enduit de réparation.

On prendra ensuite soin de poncer à la brosse métallique, puis de nettoyer la fissure et de la dépoussiérer. La fissure doit être propre et sans poussière ni élément friable.

Une fois la fissure ouverte, propre et sèche, on utilisera un mortier de réparation comme le plâtre et petite pierre adapté au matériau de la façade, pour combler la fissure.

### **Conclusion :**

Un entretien régulier des pavés en pierre naturelle est nécessaire, comme pour tous les revêtements des places publiques. De plus, si le pavé en pierre n'est pas entretenu préventivement sur une base régulière, il subira inévitablement des dégradations à plus long terme.

Entretenir à temps et effectuer de petites interventions permet parfois d'éviter que les dégradations ne s'étendent et qu'une réfection complète devienne nécessaire. Malheureusement, dans la pratique, cet entretien préventif est souvent négligé car il semble à court terme assez cher et chronophage.

Des mesures strictes doivent également être prises pour empêcher la circulation mécanique lourd à l'intérieur de la place du marché, Autoriser les véhicules légers destinés au chargement et au déchargement ont une charge utile totale limitée ne dépassant pas 2,5 tonne au maximum.

La restauration des façades est un processus délicat qui nécessite un mélange d'expertise technique et de sensibilité artistique, aussi que des matériaux de construction adaptés. La première chose à faire avant toute intervention est un diagnostic complet, Cela implique l'évaluation de l'état de la façade, l'identification des problèmes et la planification des interventions nécessaires.

## **Conclusion générale**

## Conclusion générale:

---

### Conclusion générale :

Notre travail de recherche semble se diriger vers des chemins de gestion technique, des manières d'aborder le projet en évaluant l'expérience de réhabilitation antérieure, De là, nous concluons la réponse à la question principale « **Quelles stratégies ont été adoptées pour réussir à préserver le patrimoine de la place du marché ?** », Cette stratégie a atteint les objectifs fondamentaux de la réhabilitation, à savoir la revitalisation du marché et retrouver l'homogénéité architecturale de la place et redynamiser les activités artisanales et culturelles et donc redonner sa valeur culturelle et patrimoniale, sans que la place ne subisse le moindre changement significatif (matériel et immatériel) de sa structure originale, ni de modification de son système de fonctionnement.

La stratégie adoptée pour la réhabilitation de la place du marché est de bien organiser pour éviter l'arrêt de l'activité commerciale du marché, c'est pourquoi les travaux ont été divisés en alternance de zones fermées au public et coordination adéquate de l'ensemble a permis de développer une grande quantité de travaux en parallèle.

De l'autre côté de la stratégie adoptée, qui est le côté technique, où des matériaux locaux ont été utilisés (la pierre naturelle et la chaux en pierre préparées de manière traditionnelle), En appliquant plusieurs principes et règles méthodologiques afin de guider la conception technique selon des normes techniques précises et adaptées aux matériaux d'origine du vieux souk, Ce qui a permis une expérience réussie en valorisant les techniques de réhabilitation avec des matériaux locaux qui ont prouvé leur résistance mécanique et leur durabilité face aux différents facteurs d'agression naturels. Cela dit, c'est à travers cette évaluation qu'on a vérifié notre hypothèse N° 01 de travail de départ.

D'autre part, à travers les processus de diagnostic des parties endommagées des pavés en pierre et d'identification des pathologies, il a été constaté que 90 % de ces dégradations étaient causées par le facteur humain et la mauvaise gestion de l'exploitation du marché. Ces facteurs qui ont entraîné la dégradation des pavés en pierre sont principalement dus à deux facteurs principaux :

#### **1<sup>ère</sup> facteur :**

- l'influence des charges de trafic plus élevées que prévu et aux impacts de pneus lors du freinage.
- La présence d'un point de collecte des déchets ménagers et assimilés à l'intérieur de la place du marché, qui a entraîné une zone de braquage des camions de collecte, ce qui a causé de désintégration et d'éclatement de pavés en pierres.

## Conclusion générale:

---

- La présence d'un point noir résultant d'une mauvaise évacuation des eaux de nettoyage des magasins des commerçants dans leurs pratiques illégales.
- Déformation locale (tassement) de plusieurs points en raison des poids lourds lors des opérations de chargement et de déchargement Produits commerciaux pour le marché.

### 2<sup>ème</sup> facteur :

- Dégradations résultant des opérations de réfection et de réparation les réseaux d'eau potable, qui ont entraîné des tranchées mal compactées en raison d'une main d'œuvre non qualifiée pour restaurer le pavé en pierre.
- Les travaux d'installation de caméras de surveillance sur la place du marché, Ce qui a entraîné une mauvaise exécution des pavés.
- Travaux réalisés par les commerçants qui occupent le marché, avec des interventions individuelles pour tenter de réparer des trous de petite surface à l'aide d'une chape de béton ou pour remettre à leur place des pavés de mauvaise qualité.

Cela répond à la question secondaire de notre plan de recherche selon laquelle les critères techniques n'étaient pas respectés dans les limites de la fonction de la place du marché pour laquelle elle a été réalisée. Puisque La place du marché était censée être réservée aux piétons (clients, visiteurs et touristes) et Permettre aux motos d'entrer et de sortir dans les limites de vitesse autorisées, De plus, Autoriser les véhicules légers destinés au chargement et au déchargement ont une charge utile totale limitée ne dépassant pas 2,5 tonne, Les points de collecte des déchets doivent également être en dehors la place du marché, Ces mesures auraient dû être prises en considération immédiatement après l'ouverture du marché et la stricte application des lois avec la participation des occupants du marché et des associations actives.

Aussi, nous répondons à la question secondaire liée à l'effet de compactage pour recevoir les pavés, et concluons que les opérations de compactage qui ont eu lieu avant les travaux de pavage en pierre ont été couronnées de succès, Bien qu'aucun essai de plaque de pression n'ait été effectué, Et en tenant compte du trafic mécanique, Aucun tassement n'a été enregistré au niveau du marché, sauf en quelques points localisés dans les limites admissible.

Pour chaque dégradation ou pathologie relevée au niveau de la place du marché, nous avons proposons une solution technique qui soit conforme aux caractéristiques des matériaux locaux et conformément les normes applicables dans le Centre de recherches routières de pavé en

## Conclusion générale:

---

Pierre, S'appuyant sur une étude des raisons qui ont conduit à l'émergence de ces dégradations et des moyens de les réduire.

L'entretien préventif est nécessaire pour maintenir la fonctionnalité et le niveau de service du pavé en pierre, En règle générale, les pavés en pierre naturelle doivent être inspectés régulièrement pour pouvoir programmer des mesures d'entretien.

A travers les processus de diagnostic au niveau des façades, Nous avons constaté plusieurs dégradations au niveau des colonnes et l'enduit des façades et des fissurations passives dans quelque endroit, nous avons proposé une solution technique qui soit conforme aux caractéristiques des matériaux locaux, cela se fait en utilisant du mortier ciment en trois couches et le mortier bâtard en deux couche Avec clarification de la méthode exécutive pour chacun et en détail et les cas dans lesquels chacun devrait être appliqué.

L'utilisation de mortier de chaux sur des façades en pierre et en plâtre est techniquement inacceptable. Le mortier bâtard doit plutôt être utilisé en deux couches.

L'entretien régulier est la clé pour préserver l'intégrité des façades restaurée. Nettoyage doux, réparations mineures, inspection régulière tous ces gestes peuvent aider à prévenir les dommages majeurs à long terme. Pour relever ces défis, il est nécessaire d'adopter des stratégies de restauration adaptables, car nous avons proposé l'utilisation de matériaux flexibles modernes tels que le ciment et les barres d'armature.

D'après les caractéristiques des matériaux locaux utilisés et les techniques de réhabilitation et sur la base des résultats de diagnostic de terrain et des suggestions de solutions techniques, nous pouvons dire que notre deuxième hypothèse est confirmée. Selon aussi notre analyse sur les causes des dégradations Nous avons constaté qu'un processus de restauration efficace ne peut être mené sans connaître les véritables raisons de ces dégradations et les mesures de l'éliminer.



**BIBLIOGRAPHIE**

### *BIBLIOGRAPHIE*

- [1] **Groupe technique de l'office.** (2012) – Guide de pavage traditionnel en pierre locale – OPVM - Office de protection et de promotion de la vallée du M'zab –Ghardaïa –
- [2] **Mohamed REHABI.**(2008) –Expériences de réhabilitation, ville et territoire  
Méthode et Expérience,Programme de l'Union Européenne.
- [3] **Documentaire de la wilaya de Ghardaïa.**(2024) –Nouvelle carte de la wilaya de Ghardaïa, 2024
- [4] **Rapport de réhabilitation.** (2002) – **réhabilitation de la place du marché**  
OPVM - Office de protection et de promotion de la vallée du M'zab –Ghardaïa –
- [5] **Groupe des ingénieurs algériens.** (2000) – Guide de l'auto constructeur – édition 2 –  
C.N.E.R.I.B A Centre national d'études de la recherche intégrée du Bâtiment, Algérien.
- [6] **Y. Hanoteau.** (2018) – Revêtements modulaires en pierre naturelle – R95 –  
C.R.R Centre de recherches routières, Belgique.
- [7] **HenkKeymeulen.** (2017) – Code de bonne pratique de pavés extérieurs – R80/09 –  
C.R.R Centre de recherches routières, Belgique.
- [8] **Prescriptions techniques.** (2005) - pavés de pierre naturelle pour pavage extérieur  
PTV 842version 0.1, Organisme impartial de Contrôle de Produits -Construction, Belgique
- [9] **Prescriptions techniques.** (2011) - Travaux d'Entretien et de Restauration CCTP  
Atelier Lefèvre Architecte – France –
- [10] **Prescriptions techniques.** (2002) - Cahier des clauses techniques, réhabilitation de souk  
Office de protection et de promotion de la vallée du M'zab –Ghardaïa –
- [11] <https://www.opvm.dz>(Office de protection et de promotion de la vallée du M'zab)
- [12] <https://www.lamaisonsaintgobain.fr> Travaux des façades - Pratiques et Conseils  
(la maison SAINT - GBINE)
- [13] **réhabilitation et restauration du patrimoine bâti** (2013) - patrimonialisation et  
neopaysagisme, étude de cas de la médina de Sousse



# Annexe

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
جامعة غرداية

Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département Hydraulique et Génie Civil



كلية العلوم و التكنولوجيا  
قسم العلوم و التكنولوجيا

Université de Ghardaïa

Filière : Génie Civil  
Spécialité : Structures.

**Autorisation d'impression d'un mémoire du Master**

Les membres du jury	Nom et prénom	Signature
Le président de jury	MATALLAH Zineb	
Examineur I	LAROU Abdel basset	
Encadreur	Cady Mokhtaria	

Je soussigné M<sup>elle</sup> : MAATALLAH Zineb

Présidente de jury des étudiants :

1. HERIZ Amer
2. HOUDJEDJE Hammou

Thème : **ÉTUDE DES MATERIAUX ET TECHNIQUES DE REHABILITATION DE LA PLACE DU MARCHE DE GHARDAÏA**

J'autorise les étudiants mentionnés ci-dessus d'imprimer et déposer leur manuscrit final au niveau du département.

**Président de jury :**

**Le chef de département :**

