

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
جامعة أبي بكر بلقايد – تلمسان
UNIVERSITE ABOU BAKR BELKAID TLEMCEN
FACULTE DE TECHNOLOGIE



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme** de **MASTER**

En : Génie Civil

Spécialité : Réhabilitation Intelligente des Bâtiments

Présentée par : Mlle. BABA AHMED Chahinez & Mlle. DJELLAS Ghizlène

Sujet

**Réhabilitation d'un Bâtiment Traditionnel :
Fondouk Benosman (Fondouk El Medersa) à Tlemcen**

Soutenu publiquement le /06/2026, devant le jury composé de :

Dr TALEB Omar	MCA – Université Tlemcen	Président
Dr BOUMECHRA Nadir	Professeur – Université Tlemcen	Encadrant
Dr BENACHENHOU Kamila Amel	MCA – Université Tlemcen	Examinatrice

Année universitaire 2025-2026

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

(وَأَنْ لَّيْسَ لِلْإِنْسَانِ إِلَّا مَا سَعَى ﴿١﴾ وَأَنْ سَعْيُهُ سَوْفَ يُرَى)

صدق الله العظيم

Remerciements

Avant toute chose, nous rendons grâce à Allah, le Tout-Puissant, qui nous a accordé la force, la patience, la persévérance et la détermination nécessaires pour mener ce travail à son aboutissement.

Nous exprimons notre profonde reconnaissance à notre encadreur, Monsieur BOUMECHRA Nadir, pour la qualité de son encadrement, sa disponibilité constante, ses conseils avisés ainsi que la confiance qu'il nous a accordée tout au long de la réalisation de ce mémoire. Ses orientations pertinentes, son expertise et ses remarques constructives ont constitué un apport essentiel à la conduite et à l'aboutissement de ce travail.

Nos sincères remerciements s'adressent également aux honorables membres du jury, Monsieur TALEB Omar, président, et Madame BENACHENHOU Kamila Amel, examinatrice, pour avoir accepté d'évaluer ce travail et de lui consacrer leur temps et leur attention. Nous leur sommes reconnaissants pour l'intérêt porté à cette recherche ainsi que pour leurs remarques et recommandations précieuses.

Nous tenons également à remercier l'ensemble des enseignants du Département de Génie Civil pour la qualité de leur enseignement, leur engagement et leur contribution à notre formation académique tout au long de notre cursus universitaire.

Nous adressons une pensée toute particulière à notre famille, pour son amour, son soutien indéfectible, ses encouragements constants et ses sacrifices. Leur présence à nos côtés a été une source essentielle de motivation et un pilier fondamental tout au long de notre parcours. Nous remercions également nos amis et nos collègues pour leur soutien, leur entraide et les moments de partage qui ont enrichi ces années d'études.

Enfin, nous exprimons notre gratitude à toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce mémoire et à son enrichissement.

Avec toute notre gratitude et notre profonde reconnaissance.

Dédicaces

Dédicace :

À moi-même,

Pour tous les efforts consentis, les sacrifices, la persévérance et la détermination dont j'ai fait preuve tout au long de ce parcours. Malgré les difficultés, les moments de doute et les défis rencontrés, je n'ai jamais cessé de croire en mes capacités et en mes objectifs. Je me dédie ce travail en reconnaissance du chemin parcouru et de la force qui m'a permis d'atteindre cette étape importante.

À l'issue de ce parcours universitaire, marqué par des défis, des efforts et de nombreux apprentissages, je tiens à dédier ce travail à toutes les personnes qui ont contribué à faire de ce rêve une réalité.

À mes très chers parents,

Les mots les plus sincères demeurent insuffisants pour exprimer l'immensité de ma reconnaissance. Merci pour votre amour inconditionnel, vos sacrifices silencieux, vos prières incessantes et votre soutien indéfectible. Vous avez été ma force dans les moments de doute et ma source de motivation dans les moments de faiblesse. Que ce travail soit le témoignage de ma gratitude et de mon profond respect.

À mon fiancé,

Merci pour ta présence constante, ton soutien moral, ta patience et ta confiance en moi. Tes encouragements ont été une source précieuse de motivation tout au long de cette aventure. Je te dédie ce travail avec toute mon affection et ma reconnaissance.

À ma famille,

Pour son amour, son soutien et sa bienveillance. Merci d'avoir toujours cru en moi et d'avoir partagé avec moi les joies comme les difficultés de ce parcours.

À mes amis et collègues,

Pour les moments de partage, d'entraide et de solidarité qui ont enrichi cette expérience universitaire et laissé de précieux souvenirs.

À mes enseignants,

Qui ont contribué à ma formation par leur savoir, leur disponibilité et leur dévouement.

Veillez trouver ici l'expression de mon profond respect et de ma sincère gratitude.

Que cette réalisation soit le début d'un nouveau chapitre, porté par les mêmes valeurs d'excellence, d'engagement et d'espoir.

Ghizlène

Dédicace :

C'est avec une profonde gratitude et une immense fierté que je dédie ce travail, aboutissement d'un parcours marqué par la volonté, le courage et l'ambition.

Je me le dédie tout d'abord à moi-même.

À celle que je suis devenue au fil des années, à ma détermination face aux obstacles, à mon courage dans les moments de doute et à cette force intérieure qui ne m'a jamais permis de renoncer. Cette réussite représente bien plus qu'un accomplissement académique ; elle est la concrétisation d'un rêve poursuivi avec persévérance et la preuve qu'aucun objectif n'est hors de portée lorsqu'il est porté avec conviction.

À mes très chers parents,

À qui je dois les plus belles valeurs de ma vie et sans lesquels rien de tout cela n'aurait été possible. Aucun mot ne saurait exprimer l'amour, le respect et la reconnaissance que je vous porte. Merci pour votre amour inestimable, vos sacrifices silencieux, votre soutien indéfectible et vos prières constantes. Vous avez été mon refuge dans les épreuves, ma force dans les moments difficiles et la lumière qui a guidé chacun de mes pas. J'espère de tout cœur être aujourd'hui une source de fierté pour vous, comme vous avez toujours été la mienne.

À mon grand frère et à ma grande sœur,

Pour votre affection sincère, votre présence rassurante et vos encouragements constants. Merci d'avoir toujours cru en moi et de m'avoir accompagnée avec bienveillance tout au long de ce parcours.

À mes chers neveux,

Vous êtes la douceur de mon cœur, la lumière de mes journées et l'une des plus belles sources de ma joie. Votre présence apporte à ma vie une tendresse infinie et donne à chacune de mes réussites une valeur encore plus précieuse.

À toute ma famille, à mes amis et à toutes les personnes qui occupent une place particulière dans mon cœur,

Pour leur affection, leur confiance et les instants de vie partagés qui ont accompagné ce parcours et l'ont rendu plus doux.

Enfin, à tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce rêve.

Avec toute ma gratitude, ma fierté et mon affection

Chahinez

Résumé

Ce mémoire s'inscrit dans le cadre de la préservation et de la réhabilitation du patrimoine architectural de la médina de Tlemcen à travers l'étude du Fondouk Benosman, édifice historique à forte valeur patrimoniale témoignant du riche héritage urbain, culturel et constructif de la ville. L'étude débute par une analyse historique et architecturale des fondouks, mettant en évidence leur rôle économique, social et urbain au sein des villes arabo-musulmanes ainsi que leur évolution à travers le temps.

Dans un second temps, une étude approfondie du Fondouk Benosman a permis de caractériser son organisation spatiale, son système constructif et les matériaux traditionnels employés dans sa réalisation. Cette analyse a constitué la base nécessaire à la compréhension de son comportement structurel et de son état de conservation actuel.

Une campagne de relevé pathologique et de diagnostic a ensuite été menée afin d'identifier les principales altérations affectant l'édifice. Les investigations réalisées ont révélé la présence de fissurations des maçonneries, de phénomènes d'humidité et de moisissures, de dégradations des arcs, des matériaux constitutifs et des planchers en bois, ainsi que des désordres liés au vieillissement des structures et aux conditions environnementales. L'analyse de ces pathologies a permis de mettre en évidence les mécanismes de dégradation, les facteurs aggravants et les vulnérabilités structurelles compromettant la stabilité et la pérennité du bâtiment.

À partir de ce diagnostic, une stratégie de réhabilitation a été élaborée en proposant des interventions adaptées aux spécificités constructives et patrimoniales du fondouk. Les solutions retenues visent à assurer la stabilisation des structures, la restauration des éléments dégradés, la conservation des matériaux d'origine et la valorisation architecturale de l'édifice, dans le respect des principes de sauvegarde du patrimoine.

Cette étude met en évidence l'importance d'une approche scientifique et multidisciplinaire dans les projets de réhabilitation du patrimoine bâti. Le Fondouk Benosman constitue ainsi un exemple significatif de conservation et de mise en valeur du patrimoine historique de la médina de Tlemcen, conciliant exigences de sécurité structurelle, authenticité patrimoniale et développement durable.

Mots-clés : Patrimoine bâti, Réhabilitation, Restauration, Fondouk Benosman, Médina de Tlemcen, Diagnostic pathologique, Patrimoine architectural.

Abstract

This dissertation is part of the effort to preserve and rehabilitate the architectural heritage of the Medina of Tlemcen through the study of the Foundouk Benosman, a historic building of significant heritage value that reflects the rich urban, cultural, and architectural legacy of the city. The research begins with a historical and architectural analysis of foundouks, highlighting their economic, social, and urban roles within Arab-Muslim cities, as well as their evolution over time.

Subsequently, an in-depth study of the Foundouk Benosman was carried out to characterize its spatial organization, construction system, and the traditional materials used in its construction. This analysis provided the necessary basis for understanding its structural behavior and current state of conservation.

A pathological survey and diagnostic campaign was then conducted to identify the main deteriorations affecting the building. The investigations revealed the presence of masonry cracking, moisture and mold-related damage, deterioration of arches, construction materials, and wooden floors, as well as defects associated with structural aging and environmental conditions. The analysis of these pathologies made it possible to identify the degradation mechanisms, aggravating factors, and structural vulnerabilities compromising the stability and durability of the building.

Based on this diagnosis, a rehabilitation strategy was developed by proposing interventions adapted to the constructive and heritage-specific characteristics of the foundouk. The proposed solutions aim to ensure structural stabilization, restoration of deteriorated elements, conservation of original materials, and architectural enhancement of the building while respecting heritage conservation principles.

This study highlights the importance of a scientific and multidisciplinary approach in built heritage rehabilitation projects. The Foundouk Benosman thus represents a significant example of the conservation and enhancement of the historical heritage of the Medina of Tlemcen, reconciling structural safety requirements, heritage authenticity, and sustainable development.

Furthermore, this research demonstrates that the rehabilitation of the Foundouk Benosman is not merely an architectural restoration operation, but also a heritage preservation initiative aimed at transmitting a historical, cultural, and constructive legacy to future generations while ensuring the safety, durability, and valorization of the building within its urban context.

Keywords: Built Heritage, Rehabilitation, Restoration, Foundouk Benosman, Medina of Tlemcen, Pathological Diagnosis, Architectural Heritage.

ملخص

تندرج هذه المذكرة في إطار المحافظة على التراث المعماري للمدينة العتيقة لتلمسان وإعادة تأهيله، من خلال دراسة فندق بن عثمان، وهو معلم تاريخي ذو قيمة تراثية كبيرة يعكس الثراء العمراني والثقافي والمعماري للمدينة. تبدأ الدراسة بتحليل تاريخي ومعماري للفنادق التقليدية (الفنادق التجارية)، مع إبراز دورها الاقتصادي والاجتماعي والعمراني داخل المدن العربية الإسلامية، إضافة إلى تتبع تطورها عبر مختلف المراحل التاريخية.

كما خُصص جزء من الدراسة لتحليل فندق بن عثمان من خلال التعرف على تنظيمه الفضائي ونظامه الإنشائي والمواد التقليدية المستعملة في بنائه. وقد شكلت هذه الدراسة قاعدة أساسية لفهم سلوكه الإنشائي وتقييم حالته الراهنة من حيث الحفظ والصيانة.

بعد ذلك، تم إنجاز عملية رفع مرضي وتشخيص شامل للمبنى بهدف تحديد مختلف مظاهر التدهور التي تمسه. وقد أظهرت المعاينات وجود تشققات في المباني الحاملة، وآثار للرطوبة والعفن، وتدهور في الأقواس والعناصر المادية المكونة للمبنى، إضافة إلى تلف الأرضيات الخشبية وظهور اختلالات مرتبطة بتقادم المنشأ وتأثير العوامل البيئية. كما سمح تحليل هذه الأضرار بتحديد آليات التدهور والعوامل المسببة لها ونقاط الضعف الإنشائية التي تؤثر على استقرار المبنى واستدامته.

وانطلاقاً من نتائج التشخيص، تم اقتراح استراتيجية لإعادة التأهيل تتضمن مجموعة من التدخلات الملائمة للخصائص الإنشائية والتراثية للفندق. وتهدف هذه الحلول إلى تدعيم استقرار المنشأ، وترميم العناصر المتدهورة، والمحافظة على المواد الأصلية، وإبراز القيمة المعمارية للمبنى، مع احترام مبادئ صون التراث والمحافظة عليه.

وتبرز هذه الدراسة أهمية اعتماد مقاربة علمية ومتعددة التخصصات في مشاريع إعادة تأهيل التراث المبنى. ويُعد فندق بن عثمان نموذجاً مهماً للحفاظ على التراث التاريخي للمدينة العتيقة لتلمسان وتثمينه، من خلال التوفيق بين متطلبات السلامة الإنشائية والمحافظة على الأصالة التراثية وتحقيق مبادئ التنمية المستدامة.

كما تؤكد هذه الدراسة أن إعادة تأهيل فندق بن عثمان لا تقتصر على كونها عملية ترميم معماري فحسب، بل تمثل أيضاً مشروعاً للحفاظ على الذاكرة التاريخية والثقافية والعمرانية، وضمان نقل هذا الإرث الحضاري إلى الأجيال القادمة، مع تحقيق متطلبات السلامة والمتانة وتثمين المبنى ضمن محيطه العمراني.

الكلمات المفتاحية: التراث المبنى، إعادة التأهيل، الترميم، فندق بن عثمان، المدينة العتيقة لتلمسان، التشخيص المرضي، التراث المعماري.

Sommaire

Remerciements	I
Dédicaces.....	II
Introduction générale	1
Chapitre I : Historique et évolution des fondouks.....	6
I.1. Introduction.....	7
I.2. Origine des structures d'accueil pour voyageurs	8
I.2.1. Évolution architecturale des structures d'accueil des voyageurs	8
I.2.2. La mansio dans l'Empire romain	9
I.2.3. Le pandoecheion (pandoekeion) dans la Grèce antique.....	10
I.2.4. Continuité après l'Antiquité	10
I.3. Apparition et développement des fondouks.....	11
I.3.1. Définition du fondouk	11
I.3.2. Contexte d'émergence	11
I.3.3. Diffusion géographique	11
I.4. Les fondouks dans le monde arabo-musulman.....	11
I.4.1. Les fondouks au moyens-Orient (Khans).....	11
I.4.2. Les foundouks du Maghreb	13
I.4.3. Les foundouks en Andalousie	15
I.4.4. Comparaison des différentes formes (Khan, Caravansérail, Foundouk).....	16
I.5. Les foundouks à travers les périodes historiques.....	17
I.5.1. Les foundouks à l'époque Médiévale.....	17
I.5.2. Les foundouks sous les dynasties maghrébines.....	17
I.5.3 Les foundouks à l'époque ottomane.....	17
I.5.4 les foundouks durant la période coloniale	18
I.6. Les foundouks en Algérie	18
I.6.1. Répartition géographique des foundouks en Algérie	18

I.6.2. Rôle économique et urbain des foundouks en Algérie	19
I.7. Les foundouks à Tlemcen	19
I.7.1. Contexte historique de Tlemcen	19
I.7.2 Rôle et fonctions des foundouks.....	20
I.7.3 Organisation spatiale et fonctionnement	20
I.7.4 Inventaire des foundouks de la médina de Tlemcen	20
I.7.5 État actuel et usages.....	22
I.7.6. Valeur patrimoniale et enjeux	29
I.8. Fonctions des foundouks	29
I.8.1. Fonction économique	29
I.8.2. Fonction d'hébergement.....	29
I.8.3. Fonction sociale.....	29
I.9. Caractéristiques générales des foundouks	30
I.9.1. Organisation spatiale	30
I.9.2. Répartitions fonctionnelles	30
I.9.3. Aperçu des matériaux utilisés.....	30
I.9.4. Principes constructifs généraux	30
I.10. Le foundouk dans le tissu urbain	30
I.10.1. Implantation dans la ville	30
I.10.2. Relation avec espaces marchands.....	31
I.10.3. Rôle dans l'organisation urbaine	31
I.11.Conclusion	31
Chapitre II : Descriptif du Fondouk Benosman	32
II.1. Introduction :	33
II.2. Emplacement et historique :	34
II.2.1 Emplacement :	34
II.2.2 Historique :	34

II.3. Architecture du foundouk :	38
II.4. Structure du foundouk :	44
II.5. Matériaux de construction :	45
II.6. Composants secondaires :	49
II.7. Caractérisation expérimentale du sol de fondation et des matériaux de construction au laboratoire :	52
II.7.1 Rapport d'étude géotechnique :	52
II.7.2 Résultats des investigations expérimentales sur les matériaux de la structure du laboratoire CNERIB :	53
II.8 Conclusion :	56
Chapitre III : Etude diagnostique et analyse pathologique du foundouk Benosman	57
III.1. Introduction :	58
III.2. Relevé pathologique.....	58
III.2.1 Méthodologie du relevé	58
III.2.2 Identifications des pathologies.....	58
III.2.3. Localisation des désordres	78
III.3. Analyse globale des différentes pathologies relevées	80
III.3.1. Analyse des fissures.....	80
III.3.2. Analyse de l'humidité.....	80
III.3.3 Analyse de la dégradation des arcs	81
III.3.4. Analyse de la dégradation des matériaux	81
III.3.5 Analyse de la dégradation des planchers	81
III.3.6. Causes générales des pathologies	82
III.4. Synthèse générale.....	83
III.4.1. Etat général du foundouk.....	83
III.4.2. Synthèse des pathologies observées	83
III.4.3 Interaction des pathologies	84
III.4.4 Vulnérabilité structurelle du foundouk	84

III.4.5 Hiérarchisation des désordres	85
III.5 Conclusion diagnostique	85
Chapitre IV : Réhabilitation du Fondouk	
Traitement des pathologies et valorisation du Fondouk Benosman	86
IV.1. Introduction :.....	87
IV.2. Objectifs de la réhabilitation :.....	87
IV.2.1 Conservation de la valeur patrimoniale et historique du fondouk.....	88
IV.2.2 Stabilisation et consolidation structurelle du bâtiment.....	88
IV.2.3 Programme de réhabilitation du fondouk Benosman	89
IV.3 Techniques de réhabilitation et de consolidation structurelle du fondouk	89
IV.4 Mise en valeur architecturale, culturelle et touristique du fondouk.....	107
IV.5 Conclusion	108
Conclusion générale.....	109
Références Bibliographiques	112
Annexes.....	115

Liste des figures

Figure I.1 : Les fondouks dans le monde arabo-musulman.....	8
Figure I.2 : Evolution des structures d'accueil des voyageurs	9
Figure I.3 : Plan d'une mansio.....	10
Figure I.4 : Reconstitution illustrée d'une mansio	10
Figure I.5 : Khan Assad Pacha le plus grand caravansérail de Damas.....	12
Figure I.6 : Le caravensérail de Karaj, en Iraq, époque Safavide.....	13
Figure I.7 : Plan du caravensérail de Karaj	13
Figure I.8 : Grand foundouk de Moulay Idriss –Maroc-	13
Figure I.9 : L'intérieur d'un foundouk à Casablanca.....	14
Figure I.10 : Foundouk à Tunis (partie écurie).....	14
Figure I.11 : Foundouk restauré à Djerba du XVII siècle au cœur historique du Houmt Souk.....	14
Figure I.12 : Foundouk El Attarine restauré, construit sous le règne du Califa des hafsides ...	14
Figure I.13 : Foundouk El-Nejjarine à Fès (Maroc), monument classé au patrimoine mondial de l'UNESCO	15
Figure I.14 : Foundouk Ben Aicha souk Tahti, Rabat (Maroc)	15
Figure I.15 : Corral Del Carbón (cour du charbon) à Grenada (Andalousie).....	15
Figure I.16 : Entrée du Corral Del Carbón (Espagne)	16
Figure I.17 : Ancienne carte postale du Foundouk à Batna.....	18
Figure I.18 : Ancienne carte postale du KHEMIS EL KECHNA Le Fondouk - Les ruines du camp	18
Figure I.19 : L'entrée d'un foundouk à Tlemcen	19
Figure I.20 : Localisation des fondouks suivant l'ancien plan de Tlemcen	22
Figure I.21 : L'entrée du foundouk Benosman.....	23
Figure I.22 : L'entrée du foundouk Benmansour.....	24
Figure I.23 : Entrée du foundouk El Mami	26
Figure I.24 : Entrée du foundouk Chiali.....	27
Figure I.25 : Entrée du foundouk El Medress	27
Figure I.26 : Entrée du foundouk Romana	28
Figure II.1 : Façade principale du Fondouk Benosman.....	34
Figure II.2 : Patio du fondouk Benosman.....	35
Figure II.3 : L'état d'occupation du patio fondouk Benosman.....	35
Figure II.4 : L'ombre du fondouk	35

Figure II.5 : Projet d'alignement de la ville de Tlemcen en 1845	36
Figure II.6 : Projet d'alignement de la ville de Tlemcen en 1845	37
Figure II.7 : Fragment du plan d'ensemble de la ville de Tlemcen en 1851	37
Figure II.8 : Plan RDC du Fondouk Benosman	38
Figure II.9 : Plan 1 ^{er} étage du Fondouk Benosman	39
Figure II.10 : Plan Terrasse du Fondouk Benosman.....	40
Figure II.11 : Le passage d'entrée	41
Figure II.12 : Le patio du fondouk	42
Figure II.13 : Patio vue d'en haut	42
Figure II.14 : L'escalier qui mène à l'étage	43
Figure II.15 : Chambre 1	43
Figure II.16 : Chambre 2	43
Figure II.17 : Dégradation du plancher	45
Figure II.18 : Arc en brique pleine	46
Figure II.19 : Mur en pierre	46
Figure II.20 : Sqifa avec 4 arcs en brique pleine	46
Figure II.21 : Plancher traditionnel.....	47
Figure II.22 : Élément métallique pour renforcer le plancher	48
Figure II.23 : Éléments métalliques pour renforcer le poteau	48
Figure II.24 : 3 Tirants métalliques	49
Figure II.25 : Les différentes couches du plancher	50
Figure II.26 : Ancienne fausse sceptique.....	51
Figure II.27 : Rapport de Forage	53
Figure III.1 : Fissuration au niveau d'un angle de mur porteur.....	60
Figure III.2 : Fissuration verticale sur un mur porteur en maçonnerie.....	60
Figure III.3 : Fissuration à l'angle d'un mur porteur en pierre.....	60
Figure III.4 : Fissuration localisée à proximité d'un réseau d'assainissement.....	60
Figure III.5 : Fissuration et dégradation d'un mur porteur avec altération des enduits	61
Figure III.6 : Fissuration affectant un poteau en maçonnerie de brique pleine	61
Figure III.7 : Fissuration horizontale sur un mur en maçonnerie (étage courant).....	61
Figure III.8 : Présence de moisissures et traces d'humidité sur un mur intérieur	63
Figure III.9 : Humidité généralisée dans un espace intérieur confiné	63
Figure III.10 : Dégradation liée à l'humidité au niveau d'un mur en pierre traversé par un réseau d'assainissement.....	64

Figure III.11 : Altération des enduits et traces d'humidité au niveau d'un arc et d'un mur intérieur.....	64
Figure III.12 : Dégradation et humidité au niveau de la dalle autour d'une ouverture zénithale.....	64
Figure III.13 : Traces d'humidité et altération des surfaces au niveau du plafond et des murs d'un passage	64
Figure III.14 : Dégradation des arcs et altération des façades intérieures du fondouk.....	66
Figure III.15 : Désordres structuraux affectant les arcs et les piliers en maçonnerie	66
Figure III.16 : Déformation et dégradation des galeries voûtées du niveau supérieur.....	67
Figure III.17 : Altération des arcs périphériques et dégradation des enduits	67
Figure III.18 : Dégradation généralisée des arcs et des maçonneries porteuses.....	67
Figure III.19 : Désordres structuraux et déformation des arcs en maçonnerie	67
Figure III.20 : Dégradation avancée d'un mur en maçonnerie et perte de revêtement	70
Figure III.21 : dégradation des matériaux au niveau d'une ouverture arquée	70
Figure III.22 : Altération des maçonneries et dégradation des surfaces intérieures	70
Figure III.23 : Dégradation des enduits et désagrégation des maçonneries	70
Figure III.24 : Effritement des matériaux et perte de cohésion des murs	71
Figure III.25 : Dégradation localisée d'un angle maçonné en brique	71
Figure III.26 : Altération des matériaux au niveau d'une ouverture murale	71
Figure III.27 : Dégradation des encadrements et détérioration des revêtements.....	71
Figure III.28 : Dégradation des briques et détérioration des joints de maçonnerie.....	72
Figure III.29 : Désagrégation des maçonneries en brique et perte de matière	72
Figure III.30 : Dégradation avancée des solives en bois avec altération et noircissement.....	75
Figure III.31 : Attaque biologique du bois (présence de galeries et perforations)	75
Figure III.32 : Dégradation des éléments en bois avec corrosion des pièces métalliques associés	75
Figure III.33 : Déformation et affaissement du plancher au niveau du passage voûté.....	75
Figure III.34 : Effondrement partiel du plancher en bois (rupture des solives)	76
Figure III.35 : Fléchissement du solivage et déformation du plafond.....	76
Figure III.36 : Altération du plafond et dégradation des éléments de plancher	76
Figure III.37 : Dégradation du platelage et instabilité du plancher supérieur	76
Figure III.38 : Plan des dégradations au niveau du RDC	78
Figure III.39 : Plan des dégradations au niveau de l'étage courant.....	79

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Répartition des foundouk à Tlemcen.....	21
Tableau II.1 : Caractéristiques et dispersions dimensionnelles des briques plates.....	54
Tableau II.2 : Résistances à la compression des briques et la masse volumique	54
Tableau II.3 : Valeurs de l'absorption d'eau	55
Tableau III.1 : Relevé des fissurations observées au foundouk Benosman.....	62
Tableau III.2 : Relevé des désordres liés à l'humidité et aux moisissures	65
Tableau III.3 : Relevé des désordres observés au niveau des arcs	68
Tableau III.4 : Relevé pathologique des dégradations des matériaux observées au niveau du foundouk.....	73
Tableau III.5: Relevé des désordres liés à la dégradation des planchers en bois	77

Introduction générale

Le patrimoine architectural constitue l'un des indicateurs les plus importants de l'histoire des civilisations et du développement des sociétés. À travers les monuments, les bâtiments anciens et les sites urbains historiques, chaque époque reflète son identité culturelle, ses méthodes de construction et ses valeurs artistiques et sociales. Ces bâtiments anciens représentent aujourd'hui un témoignage vivant qu'il est crucial de conserver pour garantir la continuité historique et culturelle des cités. Cependant, en raison des évolutions urbaines, des facteurs environnementaux et d'un entretien insuffisant, de nombreux bâtiments historiques subissent une dégradation lente menaçant leur stabilité et leur pérennité.

Dans de nombreuses villes anciennes, en particulier celles ayant un patrimoine architectural riche, la préservation du patrimoine construit est devenue un enjeu essentiel. La protection des monuments historiques ne se limite plus seulement à sauvegarder un édifice ancien, mais implique aussi de préserver l'identité culturelle et urbaine qu'il incarne. De ce fait, les démarches de réhabilitation et de restauration se présentent désormais comme des moyens essentiels pour prolonger la durée de vie des édifices historiques tout en leur conférant une fonction répondant aux exigences actuelles.

La ville de Tlemcen dispose d'un patrimoine architectural remarquable provenant des diverses civilisations qui l'ont précédée. Considérée comme l'une des villes historiques majeures d'Algérie, elle abrite de nombreux édifices illustrant une richesse culturelle, artistique et architecturale exceptionnelle. Parmi ces structures se trouve le Fondouk Benosman, une construction emblématique illustrant l'activité commerciale et sociale de l'époque. Grâce à son agencement spatial, ses techniques traditionnelles et ses traits architecturaux, ce fondouk constitue un atout essentiel du patrimoine architectural de la médina.

Cependant, comme de nombreux édifices historiques, le fondouk a connu au fil du temps diverses dégradations provoquées par plusieurs éléments naturels et humains. Les infiltrations d'eau, l'humidité, les fissures, la détérioration des matériaux et le manque d'entretien régulier ont favorisé l'émergence de multiples pathologies touchant à la fois les composantes structurelles et architecturales du bâtiment. Cette situation souligne l'importance d'une intervention de réhabilitation fondée sur une analyse détaillée de la condition du monument et sur une connaissance de ses particularités architecturales et historiques.

Introduction générale

Dans ce cadre, le présent mémoire examine le Fondouk Benosman en procédant à un diagnostic et à la formulation d'un programme de restauration approprié aux dysfonctionnements constatés. Le but principal de cette étude est d'examiner les maladies touchant le bâtiment, de déterminer leurs origines et leurs effets, puis de suggérer des mesures d'intervention respectant les règles de préservation du patrimoine architectural.

Cette recherche a pour but de souligner la valeur de la restauration des édifices historiques dans la protection de l'identité urbaine et culturelle. Effectivement, la conservation du patrimoine va au-delà d'une simple réparation physique ; elle représente une approche globale englobant des aspects historiques, architecturaux, techniques et culturels. Chaque intervention doit donc préserver l'authenticité du monument, les matériaux d'origine, ainsi que son caractère historique, tout en garantissant sa stabilité et sa pérennité.

La méthode choisie dans ce mémoire s'appuie sur plusieurs phases complémentaires. Dans un premier temps, une étude documentaire et historique a permis de saisir l'évolution du patrimoine architectural ainsi que la fonction des fondouks dans l'organisation urbaine traditionnelle. Cette étape a aussi offert l'opportunité de positionner le Fondouk Benosman dans son cadre historique et architectural.

Ensuite, une évaluation architecturale et constructive du bâtiment a été effectuée pour déterminer ses traits spatiaux, structurels et matériels. Cette phase a servi de fondement crucial pour appréhender la réaction du bâtiment aux divers éléments de dégradation.

Ensuite, une analyse pathologique approfondie a été réalisée pour repérer les divers troubles présents au niveau du fondouk. L'examen sur place, l'analyse visuelle et la création de fiches de dégradation ont permis de révéler les principales pathologies touchant le bâtiment et d'en identifier les causes possibles.

Enfin, un projet de restauration et de réhabilitation a été suggéré afin de remédier aux troubles constatés tout en préservant les valeurs héritées du bâtiment. Les solutions proposées s'inscrivent dans une approche de conservation durable visant à maintenir l'authenticité architecturale du monument et à garantir sa durabilité.

Introduction générale

Ce travail met en évidence que la protection du patrimoine architectural constitue un défi essentiel requérant une approche pluridisciplinaire alliant savoirs historiques, compétences techniques et sensibilité au patrimoine. La restauration des édifices anciens est devenue essentielle pour sauvegarder la mémoire des villes historiques et transmettre cet héritage culturel aux générations à venir.

Ce mémoire vise à enrichir la réflexion sur la préservation du patrimoine architectural ancien en présentant une analyse spécifique au cas du Fondouk Benosman. Il souligne l'importance du diagnostic initial, de l'analyse pathologique et du choix d'interventions appropriées dans chaque opération de restauration patrimoniale. Au-delà d'une simple action technique, la réhabilitation se présente comme une approche de mise en valeur culturelle et de sauvegarde de l'identité architecturale et historique de la ville de Tlemcen.

Problématique

Le patrimoine architectural ancien représente un élément fondamental de l'identité historique et culturelle des villes. Cependant, un grand nombre de constructions patrimoniales subissent aujourd'hui une détérioration avancée due au vieillissement naturel des matériaux, aux conditions climatiques, aux interventions inappropriées et au manque d'entretien et de surveillance. Cette condition provoque une diminution graduelle de la valeur patrimoniale et architecturale des structures anciennes, mettant en péril leur stabilité et leur durabilité.

Au cœur de la médina de Tlemcen, le Fondouk Benosman illustre un cas notable de ce patrimoine architectural ancien qui requiert des actions de préservation et de restauration. Bien qu'il ait une grande valeur historique et architecturale, le bâtiment montre de nombreux problèmes affectant les composants structurels et architecturaux, tels que les fissures, la dégradation des matériaux, les infiltrations d'eau et les conséquences de l'humidité. Ces maladies touchent non seulement l'apparence esthétique du monument, mais aussi sa stabilité et son fonctionnement.

Dans ce contexte, la question centrale de cette recherche peut être énoncée de la manière suivante :

Comment assurer la réhabilitation et la préservation du Fondouk Benosman par une intervention appropriée qui permet de traiter les pathologies existantes tout en maintenant son authenticité architecturale et sa valeur historique ?

Introduction générale

Cette question suscite aussi plusieurs interrogations supplémentaires :

- Quelles sont les principales maladies touchant le fondouk et quelles en sont les origines ?
- Quelle est la répercussion de ces troubles sur la solidité et la valeur du patrimoine immobilier ?
- Quelles méthodes de rénovation peuvent être utilisées tout en préservant les matériaux et les éléments architecturaux d'origine ?
- Comment allier préservation du patrimoine, durabilité et réhabilitation fonctionnelle du monument ?

Hypothèse

Le Fondouk Benosman peut être conservé et mis en valeur par une approche de réhabilitation fondée sur une analyse pathologique détaillée et sur des actions appropriées aux spécificités historiques, architecturales et constructives de l'édifice.

De ce fait, une identification précise des troubles et de leurs origines permettrait de suggérer des solutions de restauration efficaces, aptes à remédier aux dégradations présentes, à renforcer la durabilité du bâtiment et à maintenir son authenticité historique tout en garantissant sa continuité d'usage.

Objectifs

Objectif principal

Le but essentiel de ce mémoire est d'analyser les maladies touchant le Fondouk Benosman pour suggérer un plan de restauration et de réhabilitation approprié, qui respecte son identité patrimoniale et ses attributs architecturaux.

Objectifs spécifiques

- Souligner l'importance historique, architecturale et culturelle du fondouk.
- Analyser les caractéristiques architecturales, les méthodes de construction et les aspects fonctionnels du bâtiment.
- Reconnaître et examiner les diverses pathologies et détériorations observées sur l'édifice.

Introduction générale

- Identifier les origines des anomalies constatées et leurs effets sur la solidité et l'entretien de l'édifice.
- Créer des fiches de dégradation et de traitement spécifiquement adaptées à chaque type de maladie.
- Offrir des options de restauration en adéquation avec les matériaux et les méthodes de construction traditionnelle.
- Contribuer à la mise en valeur et à la protection du patrimoine architectural historique de la ville de Tlemcen.
- Éveiller à la valeur de la sauvegarde et de la restauration du patrimoine architectural ancien.

Chapitre I :

Historique et évolution des Fondouks

I.1. Introduction

Les fondouks constituent une composante majeure du patrimoine architectural et urbain des villes du monde arabo-musulman, témoignant de l'organisation économique, sociale et spatiale des médinas traditionnelles. Ces édifices, conçus pour l'accueil des marchands et des voyageurs, s'inscrivent dans une longue tradition d'infrastructures d'échange et de circulation, étroitement liée au développement des réseaux commerciaux à différentes échelles.

Leur émergence est indissociable de l'essor des activités marchandes et de la structuration des villes islamiques, où ils occupent une place stratégique au sein du tissu urbain. Par leur configuration architecturale spécifique, généralement articulée autour d'une cour centrale, les fondouks répondent à des exigences fonctionnelles complexes, associant hébergement, stockage et échanges commerciaux dans un cadre organisé et sécurisé.

Au fil des périodes historiques, ces structures ont connu des transformations significatives sous l'effet des mutations politiques, économiques et urbaines. Si elles ont longtemps constitué des éléments dynamiques du fonctionnement des médinas, leur rôle a progressivement décliné avec l'introduction de nouvelles formes d'organisation commerciale et d'infrastructures modernes.

Dans ce contexte, les fondouks apparaissent aujourd'hui comme des témoins patrimoniaux de premier ordre, dont la préservation et la réhabilitation soulèvent des enjeux majeurs en matière de sauvegarde du patrimoine et de valorisation urbaine. Dès lors, ce chapitre se propose d'analyser leur origine, leur évolution et leurs caractéristiques, tout en mettant en lumière leur rôle dans le tissu urbain et leur importance dans le contexte spécifique de la ville de Tlemcen.



Figure I.1 : Les fondouks dans le monde arabo-musulman

I.2. Origine des structures d'accueil pour voyageurs

I.2.1. Évolution architecturale des structures d'accueil des voyageurs

Sur le plan architectural, on observe une évolution progressive dans les modes d'accueil. Les mansiones romaines, situées le long des voies durant l'Empire, étaient principalement destinées à répondre à des besoins administratifs et liés aux déplacements routiers. Les pandochions, de leur côté, proposaient des formes d'hébergement plus simples et rudimentaires. En revanche, les fondouks et les caravansérails se distinguent par une organisation architecturale centrée autour d'une cour intérieure. Ils intègrent à la fois des espaces d'hébergement, des zones de stockage pour les marchandises, ainsi que parfois des espaces dédiés aux activités commerciales. Cette configuration traduit ainsi une fonction économique plus développée et structurée.

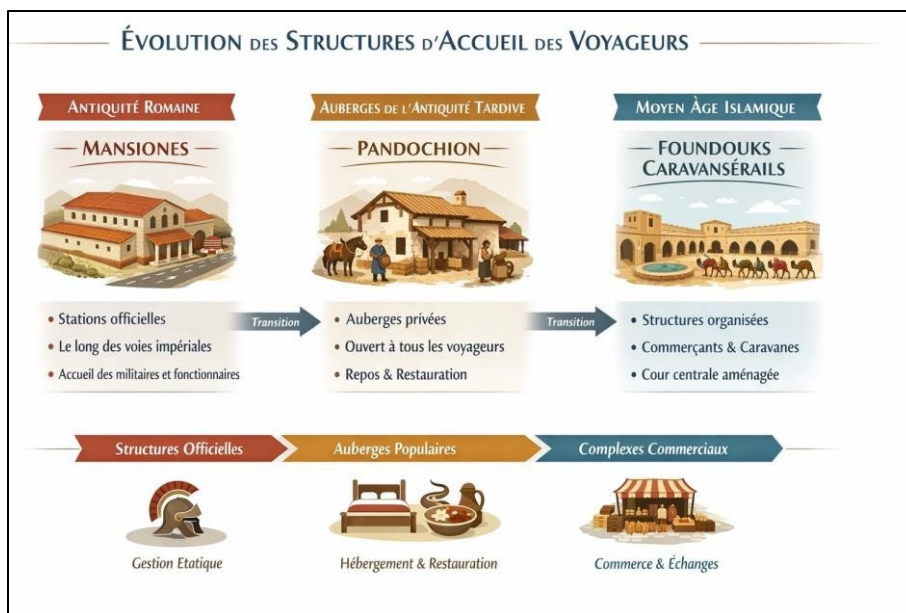


Figure I.2 : Evolution des structures d'accueil des voyageurs

Source : préparé par ChatGpt

1.2.2. La mansio dans l'Empire romain

Le long des routes de l'Empire romain, existaient des relais appelés mansiones, destinés à accueillir les voyageurs, les fonctionnaires et les soldats. Ces structures ne se limitaient pas à offrir un simple lieu de repos, mais proposaient également des services essentiels tels que l'hébergement, la restauration ainsi que la prise en charge des animaux de transport.

Ces derniers jouaient un rôle fondamental dans le fonctionnement de l'Empire, en assurant la mobilité des personnes et le transport des marchandises. Ainsi, les mansiones constituaient des infrastructures indispensables au bon déroulement des échanges et à la fluidité des déplacements sur le réseau routier.

Par conséquent, ces relais représentaient des éléments clés de l'organisation territoriale romaine, contribuant à la sécurité, à l'efficacité et au développement des communications au sein de l'Empire.

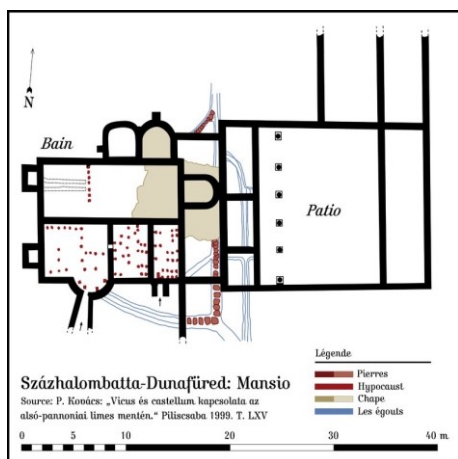


Figure I.3 : Plan d'une mansio

Source : Aouste-a-coeur.fr



Figure I.4 : Reconstitution illustrée d'une mansio

Source : Aouste-a-coeur.fr

I.2.3. Le pandoecheion (pandokeion) dans la Grèce antique

Si les mansiones constituaient une réponse organisée aux besoins de déplacement dans l'Empire romain, d'autres formes d'hébergement destinées aux voyageurs apparaissent par la suite dans différents contextes culturels.

Dans le monde grec antique, le pandoecheion représente une évolution de ces structures d'accueil. Contrairement aux mansiones, souvent intégrées à un système administratif, le pandoecheion est davantage lié à l'initiative privée et propose des services d'hébergement et de restauration accessibles à une clientèle plus large.

Par la suite, dans le monde arabo-musulman, ces fonctions seront reprises et développées à travers les fondouks, qui constituent des structures plus complexes intégrant à la fois des fonctions commerciales, de stockage et d'hébergement. Ces édifices s'inscrivent pleinement dans l'organisation économique des médinas et témoignent d'une adaptation des infrastructures d'accueil aux réalités commerciales et urbaines de leur époque.

I.2.4. Continuité après l'Antiquité

La chute de l'Empire romain n'a pas signé la fin des lieux d'accueil pour les voyageurs. Au contraire, ces structures se sont transformées pour répondre aux réalités économiques et sociales nouvelles, prouvant ainsi que le besoin de se déplacer et d'échanger des marchandises, lui, ne disparaissait pas.

Peu à peu, ces relais et ces formes d'hébergement se sont développés, jetant les bases d'établissements mieux adaptés aux échanges commerciaux qui allaient marquer le Moyen Âge. C'est dans cette mouvance qu'émergent les fondouks. Plus qu'une simple auberge, ils représentent une véritable évolution : on y trouve à la fois un lieu pour dormir, pour entreposer ses marchandises et pour commercer. Véritables étapes pour les caravanes, ils deviendront des rouages essentiels dans l'organisation du commerce médiéval.

I.3. Apparition et développement des fondouks

I.3.1. Définition du fondouk

Le fondouk est un bâtiment traditionnel qui sert à la fois de refuge aux commerçants et aux voyageurs. C'est un véritable lieu polyvalent qui propose un hébergement confortable et des espaces sûrs pour stocker les marchandises. Il favorise également les échanges commerciaux et joue un rôle important dans la vie économique et sociale des villes où il est porté.

I.3.2. Contexte d'émergence

L'essor des fondouks intimement lié au dynamisme commercial du monde arabomusulman était très actif sur le plan commercial, du VIIe au XVe siècle. C'était une période où les échanges entre les régions étaient plus intenses et où les marchandises, les idées et les savoirs circulaient beaucoup plus. Les fondateurs sont devenus des éléments importants du réseau économique et social. Ils ont facilité les transactions et ont offert aux voyageurs un endroit sûr pour se reposer et faire du commerce.

I.3.3. Diffusion géographique

Les fondouks ont connu une grande expansion dans diverses régions, notamment en Afrique du Nord, au Moyen-Orient et dans les grandes villes commerçantes. Les fondouks sont devenus des éléments clés des réseaux d'échanges. Ils ont facilité non seulement le commerce des marchandises, mais aussi la rencontre des voyageurs, des commerçants et des caravanes, ainsi contribué à l'animation économique et sociale des centres urbains.

I.4. Les fondouks dans le monde arabo-musulman

I.4.1. Les fondouks au moyen-Orient (Khans)

Au Moyen-Orient (Turquie, Iran, Égypte, Arabie Saoudite, etc.), les fondouks prennent généralement la forme de khans. Les khans sont des bâtiments destinés à l'accueil des marchands ainsi qu'au stockage des marchandises. (Figure I.5)

Leur architecture suit généralement un plan organisé autour d'une cour centrale, avec les chambres et les espaces de stockage disposés tout autour. Cette disposition pratique favorisait les échanges et simplifiait la logistique au quotidien. (Figures I.6 et I.7)

Véritables carrefours du commerce, les khans offraient ainsi aux voyageurs un lieu où se reposer, négocier et entreposer leurs biens en toute sécurité.



Figure I.5 : Khan Assad Pacha le plus grand caravansérail de Damas

Source : https://fr.wikipedia.org/wiki/Khan_Assad_Pacha



Figure I.6 : Le caravensérail de Karaj, en Iraq, époque Safavide

Source :

<https://fr.wikipedia.org/wiki/Caravans%C3%A9rail>

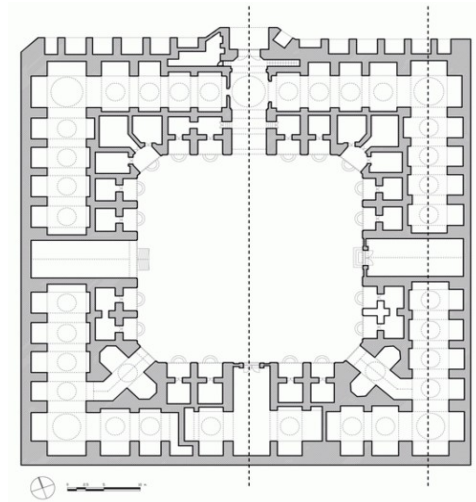


Figure I.7 : Plan du caravensérail de Karaj

Source :

<https://fr.wikipedia.org/wiki/Caravans%C3%A9rail>

I.4.2. Les foundouks du Maghreb

Au Maghreb, les foundouks font partie intégrante des médinas. Ils jouent un rôle clé dans les marchés traditionnels. Ces lieux servent à la fois d'hébergement, de stockage et d'échange. Ils s'adaptent aux conditions climatiques et urbaines locales.



Figure I.8 : Grand foundouk de Moulay Idriss –Maroc-

Source : <https://piclick.fr/50-MAROC-Moulay-Idriss-Grand-Fondouk-137088320940.html>

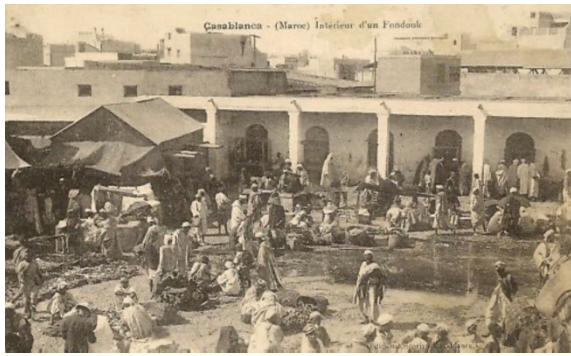


Figure I.9 : L'intérieur d'un foundouk à Casablanca

Source : <https://picclick.fr/Interieur-D-Un-Fondouk-Casablanca-Maroc-144059961440.html>



Figure I.10 : Foundouk à Tunis (partie écurie)

Source : <https://picclick.fr/CPA-TUNISIA-TUNIS-Fondouk-arabe-239456-396924035784.html>



Figure I.11 : Foundouk restauré à Djerba du XVII^e siècle au cœur historique du Houmt Souk



Figure I.12 : Foundouk El Attarine restauré, construit sous le règne du Califa des hafside

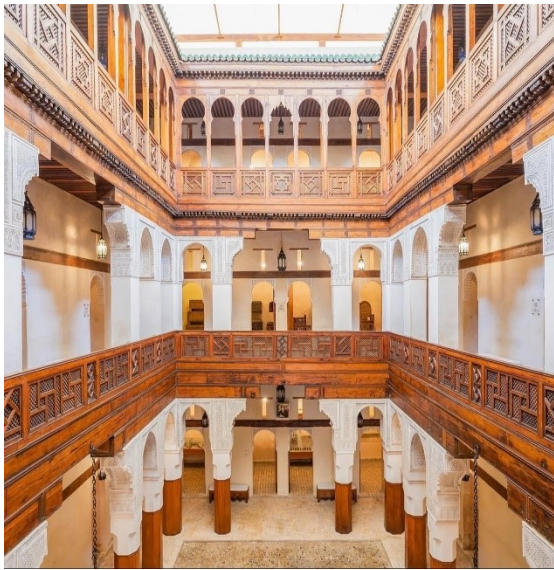


Figure I.13 : Foundouk El-Nejjarine à Fès (Maroc), monument classé au patrimoine mondial de l'UNESCO



Figure I.14 : Foundouk Ben Aicha souk Tahti, Rabat (Maroc)

I.4.3. Les foundouks en Andalousie

En Andalousie, les structures similaires aux foundouks sont ancrées dans un contexte historique de échanges entre les civilisations musulmanes et européennes. Ces édifices jouent un rôle dans la vie économique et sociale des villes. Ils ont aussi influencé certaines formes architecturales en Méditerranée. (Fig. I.15 et I.16).



Figure I.15 : Corral Del Carbón (cour du charbon) à Grenada (Andalousie)

Source : <https://visiterandalousie.fr/2013/06/21/corral-del-carbon-a-grenade-andalousie/>



Figure I.16 : Entrée du Corral Del Carbón (Espagne)

Source : https://fr.wikipedia.org/wiki/Corral_del_Carb

I.4.4. Comparaison des différentes formes (Khan, Caravansérail, Foundouk)

Qu'il s'agisse d'un khan, d'un caravansérail ou d'un foundouk, ces établissements partageaient une vocation essentielle : accueillir les voyageurs, leur offrir un abri et servir de cadre aux échanges commerciaux. Ils constituaient ainsi des rouages indispensables dans la grande mécanique du commerce et de la logistique de leur époque.

Pourtant, chaque type d'édifice portait l'empreinte de son contexte géographique et culturel, ce qui se traduisait par des particularités architecturales et organisationnelles bien marquées.

Au-delà de ces différences, un principe fondamental les unissait : la polyvalence. En leur sein, l'hébergement des hommes, le stockage des marchandises et la négociation des affaires convergeaient, faisant de ces lieux de véritables carrefours de la vie économique et sociale.

I.5. Les foundouks à travers les périodes historiques

I.5.1. Les foundouks à l'époque Médiévale

Au Moyen Âge, les foundouks se multiplient avec l'essor du commerce dans le monde arabo-musulman et au-delà. Ces caravansérails deviennent des lieux indispensables pour les marchands, où ils peuvent entreposer leurs marchandises et organiser leurs affaires au cœur des cités.

I.5.2. Les foundouks sous les dynasties maghrébines

I.5.2.1 Période Zianide

À l'époque des Zianides, Tlemcen battait au rythme de ses foundouks. Ces caravansérails, véritables poumons économiques de la cité, accueillaient les marchands et leurs cargaisons, animant sans relâche les échanges entre les sables du Sahara et les rives de la Méditerranée. Grâce à eux, Tlemcen a pu affirmer sa position de plaque tournante du commerce, un carrefour où se croisaient les richesses et les cultures de toute une région.

I.5.2.2 Période Hafside

Sous la dynastie Hafside, les foundouks continuent de prospérer dans les grandes cités du Maghreb. Ces caravansérails tissent les liens des échanges régionaux et façonnent en profondeur la vie économique des villes, surtout dans les ports et les places marchandes animées.

I.5.3 Les foundouks à l'époque ottomane

À l'époque ottomane, les foundouks conservent leurs fonctions traditionnelles tout en s'adaptant aux évolutions économiques de la période. Ils continuent d'assurer l'accueil des marchandises, leur stockage ainsi que les échanges commerciaux.

Toutefois, leur organisation peut évoluer afin de répondre aux besoins administratifs et commerciaux de l'Empire, entraînant certaines adaptations dans leur gestion et leur fonctionnement au sein des villes.

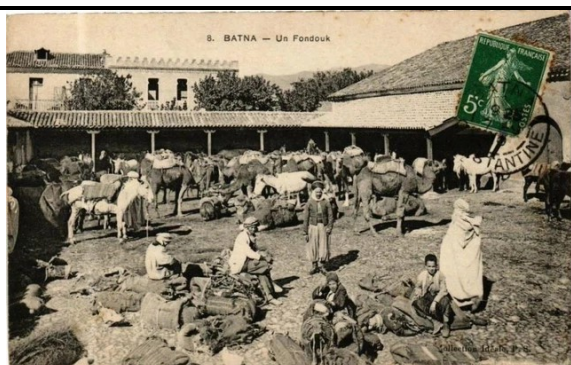
I.5.4 les foundouks durant la période coloniale

Pendant la période coloniale, les foundouks ont commencé à décliner petit à petit. Cela est dû à l'arrivée de nouvelles façons de commercer et à la construction de nouvelles infrastructures dans les villes. Beaucoup d'entre eux ont perdu leur fonction première au fil du temps et ont été laissés à l'abandon ou transformés. Cependant, ils restent des éléments importants du patrimoine historique des médinas.

I.6. Les foundouks en Algérie

I.6.1. Répartition géographique des foundouks en Algérie

Les foundouks se trouvent surtout dans les villes anciennes comme Alger, Constantine et Tlemcen... etc. On les trouve généralement près des quartiers commerciaux et des marchés traditionnels, ce qui permet de faciliter les échanges de marchandises et leur stockage dans les médinas. (Voir figures I.17 et I.18).



**Figure I.17 : Ancienne carte postale
du Foundouk à Batna**

Source : <https://picclick.fr/Carte-postale-CPA-Alg%C3%A9rie-Batna-Un-Fondouk-238399-313024755503.html>



**Figure I.18 : Ancienne carte postale
du KHEMIS EL KECHNA Le Fondouk -
Les ruines du camp**

Source : <https://picclick.fr/Alg%C3%A9rie-KHEMIS-EL-KECHNA-Le-Fondouk-187535431455.html>

I.6.2. Rôle économique et urbain des foundouks en Algérie

En Algérie, les foundouks ont été très importants pour l'économie des villes traditionnelles. Ils étaient des endroits où les gens faisaient du commerce, où les voyageurs pouvaient se loger et où les marchandises étaient stockées. Ces derniers ont également aidé à organiser la façon dont les villes traditionnelles étaient construites, en particulier dans les médinas. Les foundouks ont donc joué un rôle clé dans le développement commercial et dans la façon dont les centres historiques étaient aménagés.

I.7. Les foundouks à Tlemcen

I.7.1. Contexte historique de Tlemcen

La médina de Tlemcen est un noyau urbain historique. Elle a une organisation traditionnelle qui est fortement liée aux activités économiques et commerciales de la ville. Les foundouks étaient très importants dans la ville. Ils étaient situés au cœur des zones commerciales de la médina de Tlemcen. Cela leur permettait de faciliter les échanges et d'assurer la continuité des activités marchandes de la médina de Tlemcen.



Figure I.19 : L'entrée d'un foundouk à Tlemcen

Source : Ancienne carte postale

I.7.2 Rôle et fonctions des foundouks

Dans la médina, les foundouks avaient plusieurs rôles importants. Tout d'abord, ils servaient d'entrepôts pour les marchandises. Ils étaient aussi des lieux où les commerces se faisaient. De plus, ils offraient un hébergement temporaire aux commerçants et aux voyageurs.

Ces lieux favorisaient les rencontres et les échanges entre les différentes populations, jouant ainsi un rôle social clé.

I.7.3 Organisation spatiale et fonctionnement

Les foundouks sont généralement organisés autour d'une cour centrale sur le plan fonctionnel. Cela permet de séparer les usages de manière pratique. Le rez-de-chaussée est utilisé pour les activités commerciales et le stockage des marchandises. En revanche, l'étage est réservé à l'hébergement des personnes. Cette organisation spatiale simple mais efficace répondait parfaitement aux besoins liés aux flux commerciaux et au transit des personnes qui fréquentaient les foundouks.

I.7.4 Inventaire des foundouks de la médina de Tlemcen

Une étude réalisée par l'ANAT a permis d'identifier huit foundouks principaux au sein de la médina :

- Foundouk El Medersa
- Foundouk Benmansour
- Foundouk Rostane
- Foundouk El Mami
- Foundouk Bara
- Foundouk Chiali
- Foundouk El Medress
- Foundouk Romana

Identification	Localisation	Chronologie	Observation
Foundouk Benosman (El Medersa)	Avenue Colonel Lotfi en face au CEM Ibn Khaldoun		On court de réhabilitation
Foundouk Benmansour	El maoukef Rue Aissa Ben Diboun	Avant 1900	Fonctionne comme hôtel
Foundouk Rostane	El Maoukef Rue Mrabet Mohamed		Fermé
Foundouk El Mami	Rue de la Paix A cote du marché couvert	1892	Dépôt de marchandise
Foundouk Bara	Rue de la paix En face de Sidi El Benna	1911	Transformer en locaux commerciaux et habitations
Foundouk Chiali	Rue capitaine Al Azhari Côté ouest de Sidi El Benna		Ne fonctionne plus
Foundouk El Medress	El Medress En face de la place chouhada		Ne fonctionne plus
Foundouk Romana	Rue Cpitaine Al Azhari	Fin du 12ème sicle	Depot de marchandise

Tableau I.1 : Répartition des foundouk à Tlemcen

Source : POS médina de Tlemcen

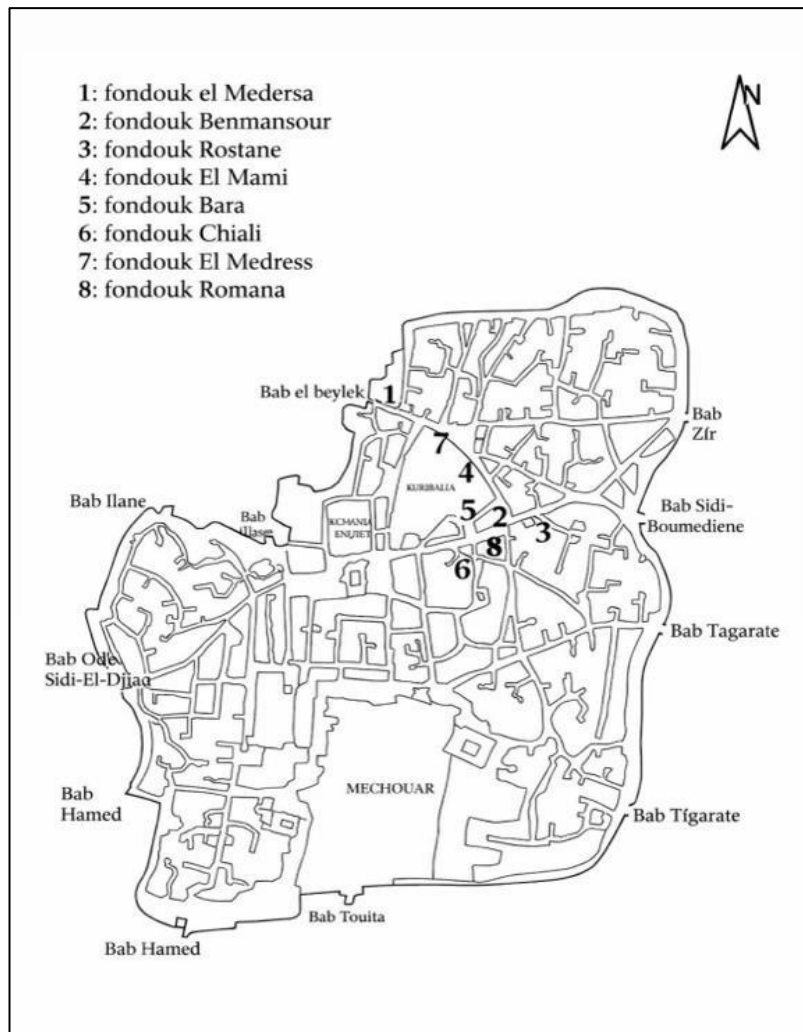


Figure I.20 : Localisation des fondouks suivant l'ancien plan de Tlemcen

Source : étudiants en 4^{ème} année architecture : « Analyse urbaine du noyau historique de Tlemcen »

I.7.5 État actuel et usages

Ces édifices présentent aujourd'hui des états d'utilisation et de conservation très différents. Certains ont été modifiés pour de nouvelles utilisations, tandis que d'autres se dégradent ou sont abandonnés.

- Le Foundouk Benosman abritait traditionnellement des écuries ainsi que des espaces de stockage et de commerce. À l'étage, accessible par un escalier situé à droite de l'entrée, se déployaient les chambres destinées à l'hébergement des voyageurs. Actuellement, le fondouk fait l'objet de travaux de rénovation visant à préserver et à valoriser ce patrimoine architectural. Ce dernier abritait traditionnellement des écuries ainsi que des espaces de stockage et de commerce. À l'étage, accessible par un escalier situé à droite de l'entrée, se déployaient les chambres destinées à l'hébergement des voyageurs. Actuellement, le fondouk fait l'objet de travaux de rénovation visant à préserver et à valoriser ce patrimoine architectural... (fig. I.21)



Figure I.21 : L'entrée du foundouk Benosman

- Le fondouk Benmansour présente plusieurs atouts architecturaux notables, notamment son organisation spatiale traditionnelle articulée autour d'un patio central, élément fondamental des fondouks, ainsi que la qualité de son entrée monumentale marquée par un arc brisé outrepassé. La distribution fonctionnelle, avec des espaces commerciaux au rez-de-chaussée et des chambres à l'étage, reflète fidèlement le modèle d'accueil et d'échange propre à ces édifices (fig. I.22)

Cependant, l'édifice a connu d'importantes transformations liées à sa reconversion en hôtel. Parmi celles-ci, on note l'aménagement d'un espace de réception à l'entrée, la disparition des boutiques au profit d'espaces de séjour et de services (salon, douches), ainsi qu'une réorganisation partielle des fonctions internes. Ces modifications traduisent une adaptation aux exigences contemporaines tout en altérant certains aspects de la configuration d'origine.

Malgré ces changements, le fondouk conserve une forte valeur patrimoniale. Son plan, sa volumétrie et certains éléments architecturaux d'origine témoignent de l'histoire commerciale et urbaine de la médina. Sa réutilisation en tant qu'hôtel constitue ainsi une forme de valorisation du patrimoine, permettant de maintenir l'édifice en activité tout en assurant sa préservation.



Figure I.22 : L'entrée du foundouk Benmansour

Source auteur

- Le Foundouk Rostane il est situé sur la rue Mrabet Mohamed et se compose d'un rez-de-chaussée et d'un étage. L'accès s'effectue par une entrée modeste, dépourvue de chicane, encadrée de part et d'autre par deux doukanas destinées à l'accueil des consommateurs de café et de thé. La cour du rez-de-chaussée servait autrefois d'étable pour les bêtes de somme, tandis que les magasins étaient utilisés pour le stockage des marchandises et les transactions commerciales en gros. À l'étage se trouvent des chambres destinées à l'hébergement des voyageurs. Actuellement, le fondouk est fermé après avoir été exploité comme hôtel. L'accès à l'édifice n'ayant pas été possible, aucune information complémentaire ni documentation photographique n'ont pu être recueillies auprès du propriétaire. Le fondouk présente une organisation fonctionnelle simple, avec une séparation claire entre les espaces de commerce au rez-de-chaussée et les espaces d'hébergement à l'étage. L'absence de chicane à l'entrée et la présence de doukanas témoignent d'un caractère plus accessible et d'une forte dimension sociale liée à l'accueil et à la consommation. Malgré sa fermeture actuelle, l'édifice conserve une valeur patrimoniale importante en tant que témoin des activités commerciales et d'hébergement traditionnelles de la médina.
- Le Foundouk El Mami il est situé sur la rue de la paix et à côté du marché couvert. Le fondouk fut construit en 1892 et présente une organisation architecturale fidèle au modèle traditionnel, avec un patio central entouré d'arcades et une répartition fonctionnelle entre rez-de-chaussée et étage. Les transformations restent limitées, préservant en grande partie sa configuration d'origine. Sa réactivation à travers une activité commerciale spécialisée dans la vente d'olives illustre une continuité d'usage. Il conserve ainsi une valeur patrimoniale importante, tout en s'inscrivant dans la dynamique économique actuelle (fig. I.23)



Figure I.23 : Entrée du foundouk El Mami

Source auteur

- Le Foundouk Bara : Ce foundouk se distingue par la présence de deux entrées. La première, située rue de la Paix, en face du marché couvert, offre un accès direct aux logements ; elle a été ajoutée durant la période coloniale. La seconde, localisée en face de la mosquée Sidi El Benna, dessert les locaux commerciaux du rez-de-chaussée. Comptant parmi les plus vastes foundouks de Tlemcen, l'édifice se caractérise également par une entrée monumentale dotée d'un sas, menant à un patio central autour duquel s'organisent divers commerces. Il s'agit d'un bâtiment en R+2, structuré en demi-niveaux.
- Le Foundouk Chiali, Le foundouk est situé en face du foundouk Romana, dans la rue Al Azhari. Aujourd'hui, il est principalement utilisé comme espace de stockage pour les marchandises des commerçants de la qissaria, et se trouve dans un état de dégradation avancé (fig. I.24).

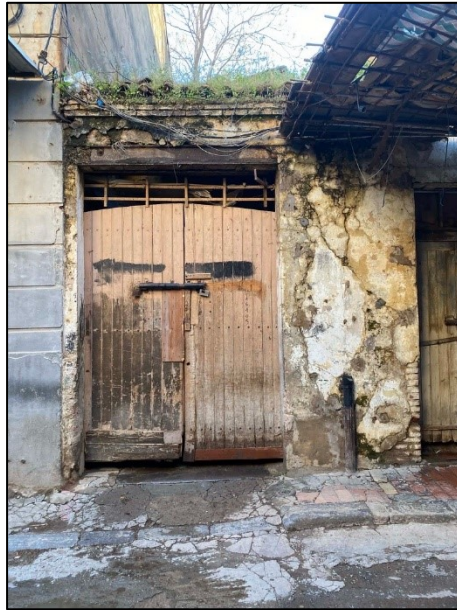


Figure I.24 : Entrée du foundouk Chiali

Source auteur

- Le Foundouk El Medress, Il s'agit d'un foundouk de petite superficie, situé dans le quartier El Medress, en face de la place des Chouhada. Il se compose uniquement d'un rez-de-chaussée surmonté d'une mezzanine. Actuellement, il est utilisé exclusivement comme espace de stockage pour les marchandises des commerçants, et son entrée présente une typologie similaire à celle des autres foundouks (fig. I.25)



Figure I.25 : Entrée du foundouk El Medress

Source auteur

- Enfin, le Foundouk Romana. Ce fondouk, autrefois destiné à l'hébergement et à l'accueil des voyageurs étrangers, remonte au XII^e siècle. Il aurait été édifié afin d'accueillir les pèlerins en route vers La Mecque, tout en servant également au commerce des peaux et des cuirs. Situé dans la rue du Capitaine Al Azhari (ancienne rue Basse), il tire son appellation de la présence d'un grenadier (romana) à proximité. L'accès à l'édifice se fait par une sqifa bordée de part et d'autre de banquettes en maçonnerie (doukanas), utilisées par les clients de l'Odjak pour la consommation de café ou de thé. Au centre du patio, une banquette carrée servait à l'exposition des peaux tannées. Le rez-de-chaussée comprend huit magasins ainsi qu'une zone de stockage des peaux, organisés autour d'une cour d'environ 5 m de côté. Le fondouk a progressivement perdu sa fonction initiale, d'abord au niveau du rez-de-chaussée dès les années 1940, puis à l'étage. Un escalier situé à droite de l'entrée mène au premier étage, qui n'occupe qu'une partie de la surface totale de l'édifice. Celui-ci comprend deux pièces se faisant face, identifiées respectivement comme espaces d'hébergement pour les hommes et pour les femmes (fig. I.26)



Figure I.26 : Entrée du foundouk Romana

Source auteur

En résumé, les foundouks de Tlemcen constituent un patrimoine architectural très important, avec une grande valeur historique, économique et urbaine. Ils montrent comment la médina était organisée pour le commerce traditionnel et représentent aujourd'hui un défi important pour la conservation, la réhabilitation et la valorisation du patrimoine urbain.

I.7.6. Valeur patrimoniale et enjeux

Les foundouks de Tlemcen sont un élément essentiel du patrimoine architectural de la ville, avec une grande importance historique et urbaine. Ils reflètent l'organisation commerciale traditionnelle de la médina et son fonctionnement économique dans le passé.

Aujourd'hui, ces bâtiments ont une grande valeur en termes de conservation et de restauration. Malheureusement, ils se dégradent progressivement et ont perdu une grande partie de leurs fonctions d'origine. Cela souligne l'importance de prendre des mesures pour les valoriser, préserver ce patrimoine et les réintégrer dans la dynamique urbaine et économique actuelle.

I.8. Fonctions des foundouks

I.8.1. Fonction économique

Le foundouk joue un rôle très important dans les échanges commerciaux. Il ne sert pas seulement à stocker les marchandises, mais aussi à les mettre en circulation et à les distribuer. Le foundouk est donc un élément clé dans l'organisation et la fluidité du commerce urbain et interrégional.

I.8.2. Fonction d'hébergement

Il offre aux voyageurs un endroit où ils peuvent se reposer en toute sécurité. Cet endroit est conçu pour fournir des conditions de repos optimales. Cela facilite leurs déplacements et aide à organiser les haltes commerciales.

I.8.3. Fonction sociale

Le foundouk se présente comme un espace de convergence pour diverses populations. Il permet aux gens de faire du commerce ensemble et de partager leurs coutumes. Cela aide à faire connaître de nouvelles choses et à propager des idées dans les villes.

I.9. Caractéristiques générales des foundouks

I.9.1. Organisation spatiale

Le foundouk s'articule généralement autour d'une cour centrale, véritable cœur de l'édifice. Elle permet de structurer la répartition des différents espaces. La cour facilite la circulation des personnes et des marchandises. Elle accueille les activités quotidiennes. La cour est également un lieu de convergence pour les commerçants, les voyageurs et les marchandises en mouvement.

I.9.2. Répartitions fonctionnelles

Les espaces du foundouk sont organisés de façon très pratique. Le rez-de-chaussée sert surtout à stocker les marchandises et aux activités commerciales, tandis que les étages supérieurs sont réservés à l'hébergement des voyageurs et des commerçants qui ont besoin d'un endroit pour dormir. Cela permet d'avoir une bonne séparation entre les marchandises qui circulent et les personnes qui sont accueillies.

I.9.3. Aperçu des matériaux utilisés

Les foundouks sont édifiés à partir de matériaux locaux, tels que la pierre, la brique et le bois. Le choix de ces matériaux dépend de ceux qui sont disponibles dans chaque région. Cela montre que les constructions sont adaptées aux conditions de l'environnement et aux compétences des gens qui vivent dans chaque région.

I.9.4. Principes constructifs généraux

La construction des foundouks repose sur des systèmes structuraux simples. On utilise surtout des murs porteurs avec des planchers supportés par un système de rondins et de roseaux et de la terre battue. Des éléments architecturaux comme les arcs et les voûtes viennent compléter ces systèmes. Ils assurent à la fois la stabilité et la durabilité de l'édifice.

I.10. Le foundouk dans le tissu urbain

I.10.1. Implantation dans la ville

Le foundouk est souvent situé au centre des anciennes villes, près des routes principales et des zones commerciales importantes. Cela lui permet de jouer un rôle clé dans les échanges et dans l'activité économique de la ville. Le foundouk est un endroit où les gens peuvent se rencontrer, échanger des biens et des services, et où les marchands peuvent vendre leurs produits. Il est donc très important pour la vie économique et sociale de la ville.

I.10.2. Relation avec espaces marchands

Le foundouk entretient des relations très étroites avec les marchés et les souks qui l'entourent. Il facilite les échanges commerciaux entre les gens. Le foundouk contribue également à organiser et à faciliter les transactions qui ont lieu dans la ville.

I.10.3. Rôle dans l'organisation urbaine

Le foundouk est très important pour l'organisation des villes. Il aide à dynamiser l'économie et la société en organisant les échanges commerciaux, en facilitant les déplacements de la population et en favorisant les interactions entre les différentes communautés.

I.11. Conclusion

Ce chapitre démontre que les foundouks sont des composantes vitales de la vie socio-économique de la ville, de la région et relève actuellement du patrimoine urbain et architectural des cités arabo-musulmanes. Leur provenance, associée aux premières installations d'accueil pour voyageurs, reflète une continuité historique influencée par le développement des transactions commerciales et des formes urbaines.

Leur évolution dans le contexte arabo-musulman, particulièrement durant les époques médiévales, Zianide, Hafside et Ottomane, illustre leur importance cruciale dans la structuration économique et sociale des médinas. Dans le contexte Algérien, spécifiquement à Tlemcen, les foundouks ont joué un rôle déterminant dans la stimulation du commerce et l'organisation de la structure urbaine.

Toutefois, les évolutions économiques et urbaines ont provoqué une diminution graduelle de leur rôle d'origine, entraînant leur détérioration ou leur transformation. Néanmoins, les foundouks gardent une valeur patrimoniale considérable, mettant en évidence la nécessité de leur sauvegarde et de leur réhabilitation.

Par conséquent, l'analyse de leur développement historique, de leurs rôles et de leurs particularités est cruciale pour envisager des stratégies de réhabilitation appropriées, sujet des prochains chapitres...

Chapitre II :

Descriptif du Fondouk Benosman

II.1. Introduction :

Le Fondouk, en tant que monument architectural et symbole d'une structure socio-économique ancienne, tient une place significative dans le cadre urbain de la wilaya de Tlemcen. Érigé avec des méthodes traditionnelles et des ressources locales, il témoigne d'un artisanat architectural ajusté aux exigences de son époque.

Dans un environnement contemporain soulignant l'importance de sauvegarder et de mettre en valeur le patrimoine architectural, l'analyse de ce type de construction nécessite une méthode intégrée prenant en compte ses aspects historiques, architecturaux et techniques.

Ce travail est donc centré sur une analyse détaillée du Fondouk, commençant par son histoire et son développement à travers le temps, puis en poursuivant avec une étude de son architecture et de son agencement spatial. Une attention particulière est accordée à son système structurel, à ses matériaux de construction et à ses éléments secondaires, dans le but de saisir son fonctionnement global et d'identifier ses caractéristiques constructives.

Parallèlement, des études expérimentales, via des tests en laboratoire effectués sur les matériaux et le sol, ont été réalisées pour analyser leurs propriétés physiques et mécaniques et pour évaluer l'état de conservation de la structure.

L'ensemble de ces analyses forme une base incontournable pour élaborer un diagnostic fiable et pour suggérer des solutions de réhabilitation appropriées, alliant sécurité structurelle et conservation du caractère patrimonial du Fondouk.



Figure II.1 : Façade principale du Fondouk Benosman

Source auteur

II.2. Emplacement et historique :

II.2.1 Emplacement :

Localisé à Bab El Baylek ou sur le boulevard colonel Lotfi, c'est un modèle type des fondouks à Tlemcen. On y parvient depuis le nord via le boulevard Colonel Lotfi, de l'est via la rue de l'indépendance. Il est délimité au nord par le collège Ibn Khaldoun, à l'est par des bâtiments de type colonial, au sud par des édifices également de style colonial et à l'ouest par des logements, comme l'indique le plan de situation. Son accès principal se situe sur le boulevard Colonel Lotfi.

II.2.2 Historique :

Retracer l'histoire du fondouk Benosman permet d'analyser les dynamiques de changement urbain à Tlemcen au XIX^e siècle, en explorant les sources cartographiques, épigraphiques et le patrimoine architectural présent.

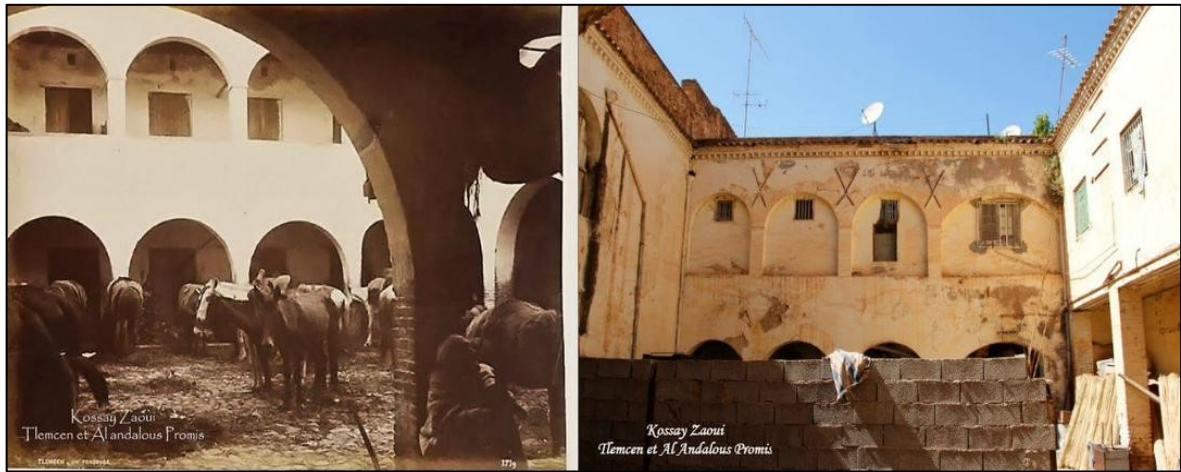


Figure II.2 : Patio du fondouk Benosman

Source : Kossay Zaoui



Figure II.3 : L'état d'occupation du patio fondouk Benosman

Source : Kossay Zaoui



Figure II.4 : L'ombre du fondouk

Source : Kossay Zaoui

L'analyse des plans anciens de Tlemcen des années 1845 et 1851 (voir figures II.5, II.6 et II.7), révèle qu'à cette époque, le lieu où se trouve actuellement le fondouk Benosman n'abritait aucune construction de ce genre. Cette absence révèle que l'édifice n'était pas encore présent au milieu du XIXe siècle, ce qui aide à dater sa construction à une période ultérieure.

L'émergence du fondouk doit être contextualisée dans la seconde moitié du XIXe siècle, une époque de grandes mutations urbaines sous l'autorité coloniale française, caractérisée par la réorganisation des zones commerciales et des voies de circulation.

Un élément particulièrement significatif renforce cette datation : une inscription placée sur la porte menant à l'étage, dans l'allée de la rue de France, fait référence à l'année 1870. Cette inscription représente une source directe et fiable, facilitant l'attribution au fondouk d'une construction ou d'une étape d'achèvement à cette époque ou un peu avant.

De plus, l'analyse du tissu urbain adjacent confirme cette temporalité. Les structures voisines sont principalement issues de l'époque coloniale française, illustrant une harmonie architecturale et urbaine. Le fondouk s'insère donc dans un ensemble architectural cohérent, typique des projets d'aménagement et de structuration urbaine de cette période.

Donc, l'ensemble des éléments — absence sur les plans du milieu du XIXe siècle, inscription de l'année 1870, et cohérence avec l'architecture coloniale avoisinante — permet de placer le fondouk Benosman durant une période de développement urbain du XIXe siècle, en rapport avec les évolutions économiques et administratives de la ville.

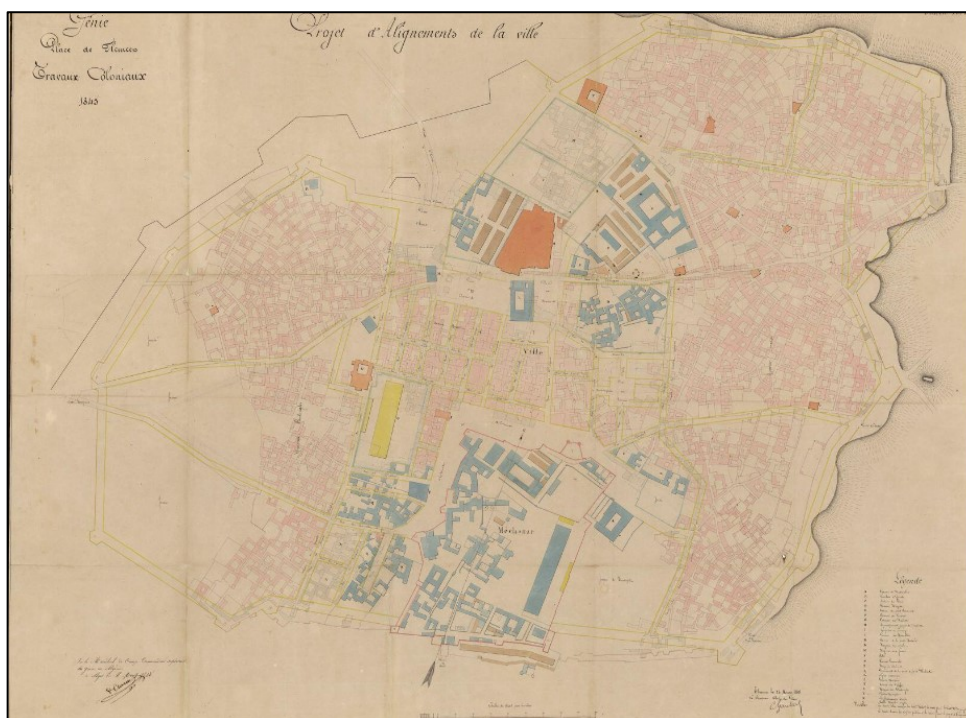


Figure II.5 : Projet d'alignement de la ville de Tlemcen en 1845

Source : recherche-anom.culture.gouv.fr

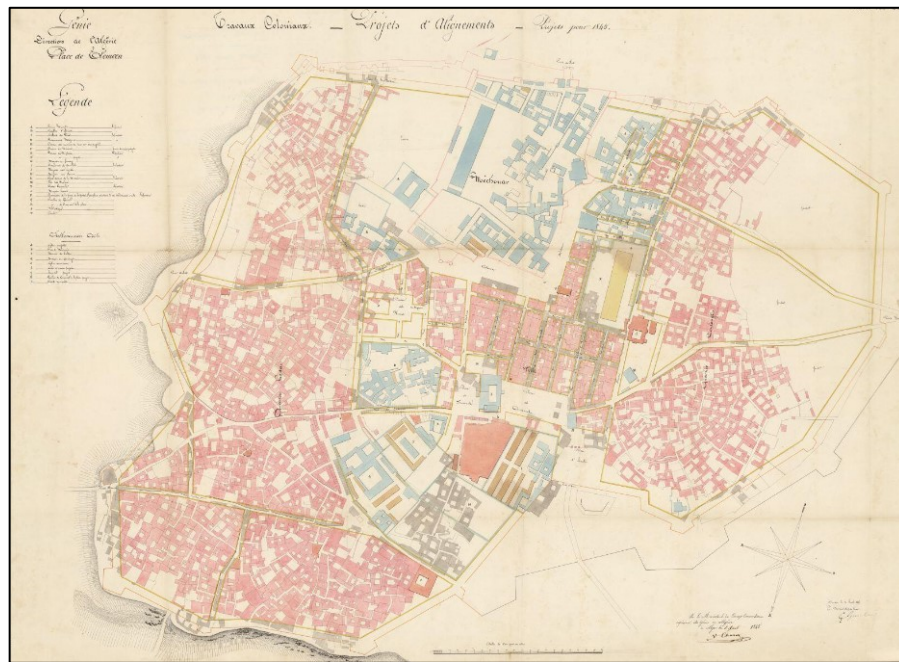


Figure II.6 : Projet d'alignement de la ville de Tlemcen en 1845

Source : recherche-anom.culture.gouv.fr

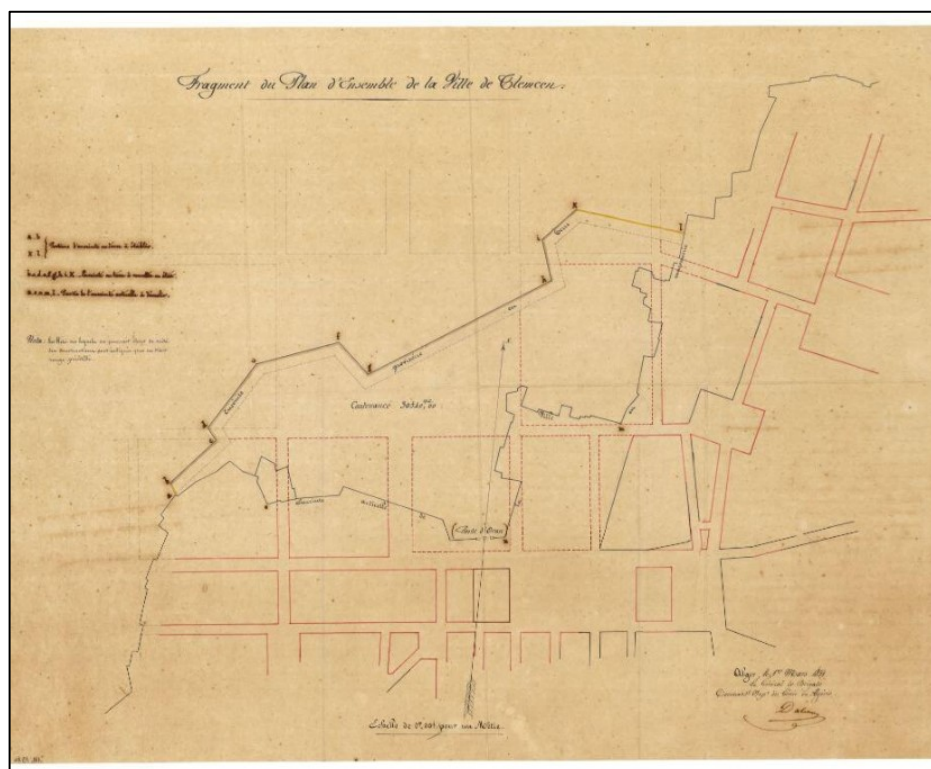


Figure II.7 : Fragment du plan d'ensemble de la ville de Tlemcen en 1851

Source : recherche-anom.culture.gouv.fr

II.3. Architecture du foundouk :

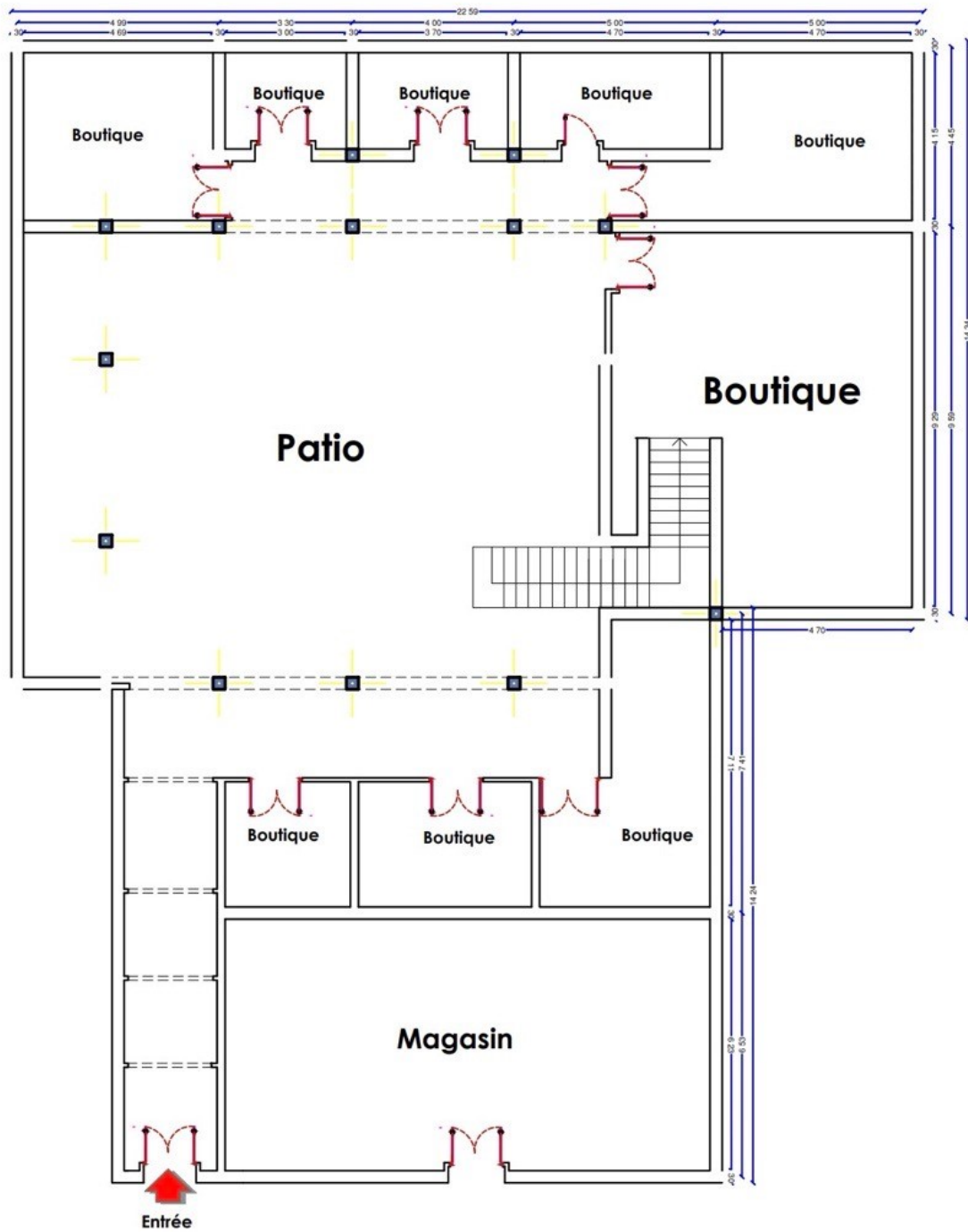


Figure II.8 : Plan RDC du Fondouk Benosman

Source auteur



39

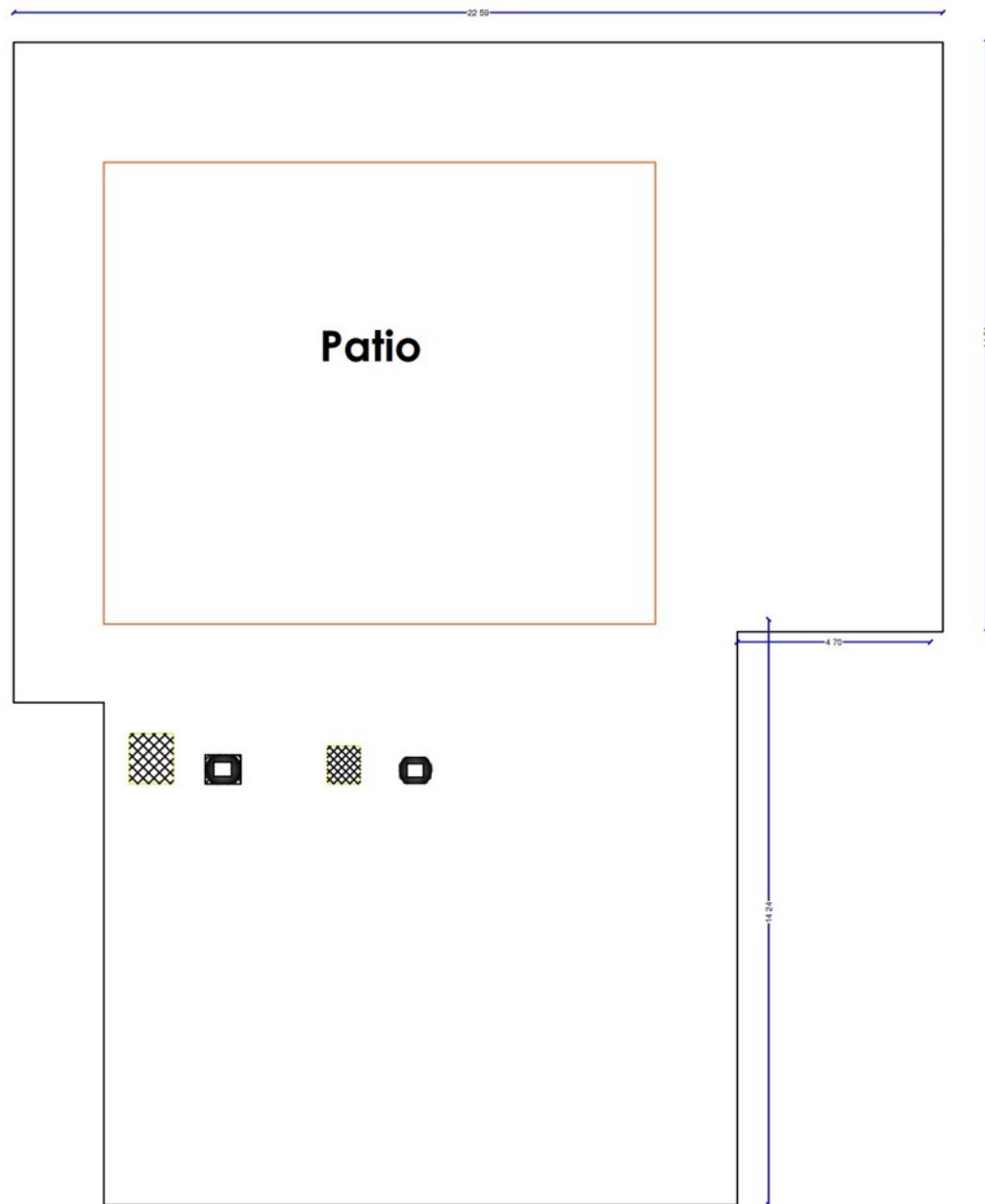


Figure II.10 : Plan Terrasse du Fondouk Benosman

Source auteur

Le fondouk que nous étudions, situé à Bab El Baylek, au niveau du boulevard Colonel Lotfi à Tlemcen, est un exemple représentatif de l'architecture traditionnelle des fondouks maghrébins. Il se distingue principalement par une organisation spatiale centrée autour d'un patio, caractéristique de l'architecture islamique.

L'accès principal se fait par une entrée impressionnante, marquée par un arc brisé, qui met en valeur le caractère monumental de l'édifice. Cette entrée mène à une sqifa, un espace de transition semi-couvert qui joue un rôle fonctionnel et climatique, en permettant de filtrer le passage entre l'extérieur et l'intérieur du foundouk (voir figure II.11).



Figure II.11 : Le passage d'entrée

Source auteur

Au-delà de la sqifa, on accède à un patio central entouré de galeries à arcades. Ce patio est le cœur de la composition architecturale, assurant l'éclairage naturel, la ventilation et l'organisation des circulations (voir fig. II.12 et II.13). Les arcades qui entourent le patio assurent une transmission efficace des charges vers les piliers et les murs porteurs.

Le rez-de-chaussée était historiquement dédié aux activités économiques et utilitaires, avec des boutiques commerciales et une écurie pour les animaux des voyageurs et commerçants.



Figure II.12 : Le patio du fondouk

Source auteur



Figure II.13 : Patio vue d'en haut

Source auteur

Aujourd'hui, ces espaces sont en cours de réhabilitation ce qui vise justement à revaloriser les éléments architecturaux d'origine.

L'étage, accessible par un escalier situé à droite de l'entrée (voir figure II.14), est composé de chambres distribuées autour du patio. Ces pièces servaient autrefois des hébergements pour les voyageurs, illustrant la fonction d'accueil du fondouk en tant qu'infrastructure commerciale et sociale avec des chambres d'accueil (voir figure II.15 et II.16).



Figure II.14 : L'escalier qui mène à l'étage
Source auteur



Figure II.15 : Chambre 1
Source auteur



Figure II.16 : Chambre 2
Source auteur

Le fondouk a subi des transformations durant la période coloniale, notamment par l'ajout de nouvelles façades et la suppression de certaines arcades. Ces modifications ont entraîné la disparition partielle de certaines arcades et l'intégration d'éléments architecturaux étrangers au style d'origine

II.4. Structure du fondouk :

La structure du fondouk repose sur un système traditionnel composé de murs porteurs, d'arcades et de planchers en bois. Cependant, au fil du temps, des transformations et des changements d'utilisation ont altéré cette structure, justifiant ainsi les travaux de réhabilitation actuels.

Les murs porteurs, qui sont les principaux éléments de stabilité, ne présentent pas une bonne résistance. Cependant, ils sont affectés par des problèmes tels que des fissures, des dégradations des matériaux et des affaiblissements localisés. Les travaux de réhabilitation visent à consolider ces murs en utilisant des techniques de renforcement adaptées aux bâtiments anciens.

Les arcades du rez-de-chaussée, qui jouent un rôle crucial dans la transmission des charges, ont été partiellement supprimées ou modifiées. Cela a perturbé l'équilibre structurel initial du fondouk. Les travaux en cours visent à restaurer ou à renforcer ces éléments porteurs afin de rétablir une meilleure répartition des charges et de retrouver la logique structurelle d'origine.

Les planchers en bois de l'étage sont également soumis à l'usure et à des dégradations (voir figures II.17). Ils font donc l'objet d'interventions telles que le remplacement partiel, le renforcement ou le traitement du bois. L'objectif est d'assurer la sécurité et la durabilité de la structure du fondouk.



Figure II.17 : Dégradation du plancher

Source auteur

Les ajouts réalisés pendant la période coloniale ont introduit des modifications structurelles qui peuvent être incompatibles avec le système d'origine. La réhabilitation actuelle vise donc à corriger ces interventions, soit en les intégrant de manière cohérente, soit en les supprimant lorsqu'elles nuisent à la stabilité ou à la lisibilité du bâtiment.

Il est utile de noter, la structure du fondouk est actuellement en phase de consolidation et de mise à niveau. Cette démarche vise à préserver l'authenticité du système constructif tout en garantissant sa pérennité.

II.5. Matériaux de construction :

Le fondouk a un système de construction mixte. Il utilise des matériaux traditionnels locaux et des techniques plus récentes ajoutées pendant la période coloniale. Ce mélange de techniques montre comment le bâtiment a évolué et affecte directement sa solidité.

Les murs porteurs sont principalement faits de maçonnerie en pierre et en brique pleine. La pierre est utilisée pour les fondations et certaines parties du bâtiment. Elle donne au bâtiment une bonne résistance à la compression et le rend durable face aux conditions environnementales. La brique pleine est utilisée pour les arcs et certaines élévations. Elle offre une meilleure régularité et une bonne capacité à supporter les charges (voir figure II.18 et II.19).



Figure II.18 : Arc en brique pleine

Source auteur



Figure II.19 : Mur en pierre

Source auteur

Au niveau de la sqifa, il y a quatre arcs en brique pleine (voir figure II.20). Ces arcs sont essentiels pour transmettre les charges verticales aux appuis tout en redistribuant les efforts. Leur forme en arc aide à limiter les concentrations de contraintes.



Figure II.20 : Sqifa avec 4 arcs en brique pleine

Source auteur

Les planchers traditionnels sont faits de poutres en bois qui supportent un remplissage en nattes de roseaux tressés (voir figure II.21). Ce système est léger, ce qui réduit les charges sur les murs porteurs. Il est également souple et peut absorber les déformations sans fissures excessives. La bonne conservation de ces éléments montre la qualité du bois utilisé.



Figure II.21 : Plancher traditionnel

Source auteur

Cependant, des changements ont été faits pendant la période coloniale. Des matériaux industriels comme des planchers en poutrelles métalliques ont été ajoutés. Ces éléments sont plus rigides et modifient le comportement global de la structure. Ils créent des zones de discontinuité entre les parties anciennes et récentes et des concentrations de contraintes dans les murs (voir figures II.22 et II.23). Leurs corrosions entraînent des désordres aux niveau de la maçonnerie.



**Figure II.22 : Elément métallique
pour renforcer le plancher**

Source auteur



**Figure II.23 : Eléments métalliques
pour renforcer le poteau**

Source auteur

Des tirants métalliques ont été ajoutés pour stabiliser le bâtiment. Ils montrent qu'il y avait des problèmes structurels avant, comme l'écartement des murs et des poussées horizontales. Ces tirants aident à reprendre les efforts de traction et à stabiliser le bâtiment (voir figure II.24).



Figure II.24 : 3 Tirants métalliques

Source auteur

La toiture est faite de tuiles sur une structure en bois, avec une corniche périphérique. C'est un système traditionnel efficace. Mais l'absence d'entretien a permis à la végétation de pousser et aux dégradations de se produire. Cela compromet l'étanchéité et la durabilité des matériaux.

En résumé, le fondouk a un système de construction hybride. Il utilise des matériaux traditionnels comme la pierre, la brique, le bois et les roseaux réalisés dans la période post-coloniale, ainsi que des matériaux modernes comme l'acier utilisés lors de la période coloniale lors des aménagements et renforcements réalisés. Cela nécessite une attention particulière lors de la réhabilitation du bâtiment.

II.6. Composants secondaires :

Les éléments secondaires du fondouk rassemblent tous les composants non porteurs, fabriqués en mortier, en pierre et en brique pleine, qui ne garantissent pas la stabilité globale de l'édifice mais participent à son fonctionnement, à sa protection et à son agencement spatial.

Les murs de remplissage en brique pleine jointés avec du mortier sont des éléments secondaires essentiels qui jouent le rôle de murs ou parois de séparation. Ils définissent les contours des espaces intérieurs sans intervenir directement dans la reprise des charges verticales, celles-ci étant surtout relayées par les éléments portants.

Les sols traditionnels composés de tronçons de bois, recouverts de terre battue composé d'un mélange de chaux, sable et graviers fins d'une épaisseur totale d'environ 38 cm (voir figure II.25).

Celles-ci participent à la redistribution des surcharges, à l'ajustement de hauteur et à l'optimisation du confort, sans affecter la solidité fondamentale fournie par les structures supportant le plancher.



Figure II.25 : Les différentes couches du plancher

Source auteur

Les systèmes à double arc d'une hauteur d'environ 4,40 m comprennent des éléments secondaires comme des remplissages en maçonnerie et des finitions en mortier. Ces éléments contribuent à la répartition des espaces et à l'esthétique architecturale, tandis que la fonction de support est garantie par la configuration de l'arc en lui-même.

La fausse septique représente également un aspect secondaire de nature technique. Elle comprend des dispositifs intégrés à la construction et remplit une fonction sanitaire et fonctionnelle, sans interaction directe avec le comportement structurel global (voir figure II.26).



Figure II.26 : Ancienne fausse sceptique

Source auteur

Finalement, les couches de finition et de revêtement en mortier et en chaux qui se trouvent sur les murs et les sols protègent les matériaux, garantissent la durabilité et l'esthétique, sans fonction structurelle.

II.7. Caractérisation expérimentale du sol de fondation et des matériaux de construction au laboratoire :

II.7.1 Rapport d'étude géotechnique :

Dans le projet d'aménagement et d'extension d'un bâtiment en R+2, incluant quatre (04) appartements, des espaces commerciaux et un Fondouk, une étude géotechnique du sol a été effectuée par le laboratoire L2E-Tlemcen.

Cette recherche vise à identifier les propriétés géotechniques du sol de fondation, en particulier sa composition, sa capacité portante et son comportement mécanique sous les charges appliquées par la structure actuelle et future.

Les recherches menées permettent aussi de déceler les risques potentiels associés au sol, comme les tassements inégaux ou les problèmes de stabilité, afin d'assurer la sécurité et la pérennité de la construction.

Les résultats récoltés constitueront une référence pour l'analyse des fondations actuelles et pour la détermination des solutions techniques appropriées aux travaux d'extension et de réhabilitation.

Le site destiné au projet d'aménagement et d'agrandissement du bâtiment en R+2 est formé d'un remblai de hauteur variable, évaluée entre 1,00 m et 1,50 m, reposant sur une couche d'argile sableuse dense allant jusqu'à environ 30,00 m de profondeur. D'autre part, dans une autre zone du site, le sous-sol est constitué d'un calcaire clair observable jusqu'à une profondeur d'environ 10,00 m. De ce fait, concernant les essais In-Situ (PDL et Pressiomètre), le sol sous les fondations est hétérogène, présentant des résistances élevées au sud et des résistances moyennes à faible au nord. Concernant l'analyse chimique. Les échantillons de sol n'ont montré aucune acidité, conformément à la norme NA-26002. Les essais pressiométriques indiquent que le sol analysé est composé d'un sol sur consolidé. Selon le DTR BC 2-48 RPA 2024, en vertu de règles parasismiques, le site étudié est de catégorie S3, correspondant à un terrain meuble.

La contrainte admissible est de l'ordre de $\sigma_{sol}=1,30$ bars et $K_w = 321\ 361$ kPa/m

Dans ce qui suit, il est présenté la constitution du sol de fondation jusqu'à une profondeur de 30m conformément aux sondages réalisés.

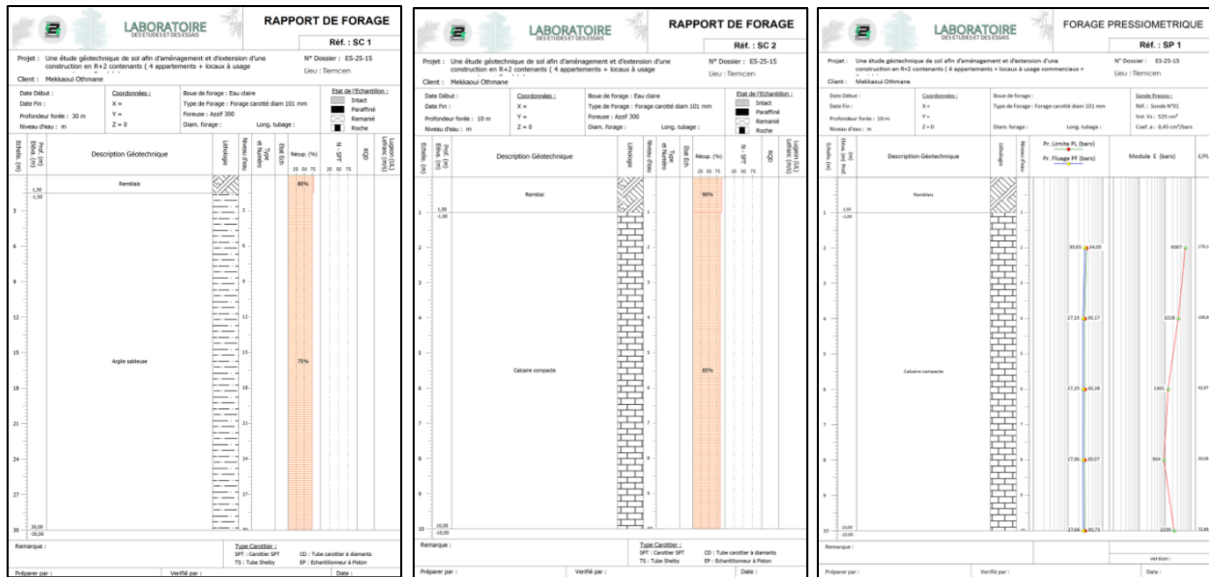


Figure II.27 : Rapport de Forage

Source laboratoire L2E Tlemcen

II.7.2 Résultats des investigations expérimentales sur les matériaux de la structure du laboratoire CNERIB :

Dans le cadre de l'évaluation de l'état du Foundouk, des analyses de laboratoire CNERIB ont été effectuées sur l'élément de brique. Ces études ont pour objectif d'identifier leurs propriétés physiques et mécaniques afin d'évaluer leur condition de conservation et leur potentiel porteur. Les résultats obtenus sont exposés ci-dessous.

Ces résultats aident à guider les décisions de réhabilitation et à déterminer les méthodes d'intervention appropriées en fonction des caractéristiques des matériaux présents

II.7.2.1 Caractéristiques géométriques des briques plates :

La détermination des dimensions se fait selon la norme NF EN 772-16 ou chaque dimension est déterminée en effectuant deux mesures sur l'échantillon. Les mesures sont réalisées d'une part, sur une face de la brique plats entre arêtes et d'autre part, au milieu de la brique. La dimension correspond à la moyenne des deux mesures (voir annexe 1).

Les dimensions (longueur, largeur et hauteur) des briques plats ont été mesurées à l'aide d'un pied à coulisse à affichage digital. Les briques testées présentent les dimensions récapitulées dans le tableau II.1.

Numéro de la Brique	Longueur (cm)	Hauteur (cm)	Largeur (cm)
1	237.46	120.38	57.28
2	166.92	119.58	55.58

Tableau II.1 : Caractéristiques et dispersions dimensionnelles des briques plates

II.7.2.2 Caractéristiques mécaniques :

Selon la norme NF EN 772-1 relative à la détermination de la résistance à la compression, la brique est soumise, après nivellement de la surface entre deux plaques, à une pression régulièrement croissante jusqu'à sa rupture.

A cet effet, la résistance à la compression est donnée par la relation suivante :

$$f_m = \frac{F}{S}$$

f_m : résistance moyenne à la compression en N/mm² ;

F : charge maximale en N ;

S : surface brute en mm² ;

Les résultats de résistance à la compression de chaque brique sont mentionnés dans le tableau II.2.

Numéro de la Brique	Forme de l'éprouvette	Dimensions			Masse	Masse volumique	Charge de rupture	Résistance à la compression
		d (mm)	d (mm)	d (mm)				
1	Cubique	55.19	56.77	55.12	295.78	1.7127	78.20	24.96
2		54.67	54.74	52.54	271.52	1.7269	52.40	17.51
3		55.32	53.82	54.18	295.26	1.8304	56.70	19.04
4		54.51	54.49	52.36	294.54	1.8939	81.80	27.54
5		55.74	54.55	54.95	273.11	1.6346	64.20	21.11
6		53.65	55.88	52.85	275.32	1.7377	56.70	18.91
Moyenne								21.51

Tableau II.2 : Résistances à la compression des briques et la masse volumique

II.7.2.3 L'absorption d'eau :

La détermination des absorptions d'eau se fait selon la norme NF EN 771-1 (ANNEXE C)

Elles doivent être séchées au four à une température de 105 °C à masse constante.

Peser les éprouvettes, puis enregistrer leur masse sèche, m_d . La masse constante est considérée comme atteinte si, au cours du processus de séchage effectué lors de pesées ultérieures espacées de 24 h minimum, la perte de masse entre les deux déterminations est inférieure à 0,2 % de la masse totale. Laisser les éprouvettes refroidir à température ambiante avant de les peser.

Chaque brique est placée dans une cuve d'eau à température ambiante. Toutes les faces de la brique doivent être au contact de l'eau. Pour ce faire, disposer les briques sur de petites palettes faisant office de cales d'espacement.

Laisser les briques en immersion pendant 24 h. Sortir les briques de la cuve, puis éponger de leur surface tout excédent d'eau à l'aide d'un linge humide ou d'une éponge.

Peser les prélèvements, puis enregistrer leur masse humide, m_w .

Calculer l'absorption d'eau m_w de chaque brique à 1 % près.

Calculer l'absorption d'eau moyenne à 1 % près.

$$wm = \frac{mw - md}{md} \cdot 100$$

Numéro de la Brique	Masse constante m_d (g)	Masse saturée m_w (g)	Absorption d'eau (%)
1	279.32	317.83	12.1
2	267.65	303.49	11.8
3	300.09	340.80	11.9
4	290.36	329.04	11.8
5	268.78	305.36	12.0
6	271.047	308.35	12.1
Moyenne			12.0

Tableau II.3 : Valeurs de l'absorption d'eau

II.8 Conclusion :

À l'issue de cette analyse sur le Fondouk, il apparaît que cet édifice représente un héritage patrimonial, historique, architecturale d'une valeur considérable démontrant un savoir-faire traditionnel des bâtisseurs très remarqué en adéquation avec les contraintes locales.

L'étude de son développement historique et de sa structure architecturale a facilité la compréhension de sa fonction originelle ainsi que de son intégration dans le paysage urbain de la ville de Tlemcen. De plus, l'analyse structurelle a révélé un mode de construction fondé sur des matériaux locaux comme la pierre, la brique et le bois naturel, dont leurs comportements dépendent fortement de leur niveau de conservation et d'entretien dans le temps depuis près de deux siècles.

L'analyse des matériaux de construction et des composants secondaires a montré de nombreux problèmes et pathologies touchant l'ouvrage, surtout en raison du vieillissement des matériaux, des conditions environnementales et du manque d'entretien.

Les tests en laboratoire ont permis de définir les caractéristiques physiques et mécaniques des matériaux et du sol, fournissant ainsi une base solide pour l'analyse de la capacité portante et du comportement général de la structure.

De cette façon, le constat visuel lors de nos visites a permis de formuler un constat préalable qui met en lumière les vulnérabilités de l'ouvrage tout en repérant ses atouts. Ces facteurs forment une base fondamentale pour la suggestion de solutions de réhabilitation appropriées, ayant pour objectif de garantir la stabilité, la pérennité et la valorisation de ce patrimoine architectural.

Finalement, cette recherche met en avant l'importance d'une méthode intégrée, alliant l'analyse historique, l'examen technique et les investigations expérimentales, afin d'assurer l'étape suivante, c'est-à-dire un diagnostic approfondi des différentes pathologies existantes.

Chapitre III :

Etude diagnostique et analyse pathologique du Fondouk Benosman

III.1. Introduction :

Ce chapitre est consacré à l'étude diagnostique et à l'analyse pathologique du fondouk Benosman, dans le but d'évaluer son état de conservation et d'identifier les altérations affectant sa structure. Cette étape constitue une phase essentielle dans toute démarche de réhabilitation, car elle permet de comprendre les causes des dégradations et d'orienter les interventions futures.

L'approche adoptée repose sur une analyse méthodique du bâtiment, débutant par un relevé pathologique détaillé, permettant de localiser et de caractériser les désordres observés. Cette étape est suivie d'une analyse approfondie visant à interpréter les mécanismes de dégradation en lien avec les conditions environnementales, les matériaux utilisés et les interventions antérieures.

Enfin, un diagnostic global est établi, synthétisant les principales pathologies identifiées et évaluant leur impact sur la stabilité et la durabilité de l'édifice. Cette synthèse constitue une base fondamentale pour la définition d'une stratégie de réhabilitation adaptée, respectueuse des valeurs patrimoniales du fondouk.

III.2. Relevé pathologique**III.2.1 Méthodologie du relevé**

Ce relevé pathologique a été réalisé à travers plusieurs visites sur site, permettant une observation directe et précise de l'état du fondouk Benosman. Cette méthodologie rigoureuse s'est appuyée sur des relevés visuels minutieux, des prises de photographies détaillées ainsi qu'une l'analyse approfondie des éléments architecturaux existants. Cette démarche vise à identifier les différents désordres affectant le bâtiment et à localiser les zones dégradées.

III.2.2 Identifications des pathologies

Le fondouk présente un ensemble de pathologies affectant tant les éléments structurels et non structurels. Ces altérations, relevées sur différentes parties de l'édifice, se traduisent essentiellement par des fissurations, des désordres liés à l'humidité et une dégradation progressive des matériaux.

III.2.2.1 Fissures :

Les fissurations observées au niveau du fondouk Benosman, illustrées par les Figures (III.1 à III.7), présentent des formes et des orientations variées, affectant principalement les murs porteurs, les angles ainsi que certaines zones de jonction entre les éléments constructifs. Ces désordres apparaissent sous forme de fissures verticales, horizontales et obliques, avec des ouvertures et des longueurs différentes selon les zones concernées.

Certaines fissures relevées au niveau des angles et des maçonneries présentent également des désalignements localisés et des déformations visibles des surfaces, traduisant des mouvements différentiels affectant certaines parties de l'édifice. Des fissurations sont également observées à proximité des ouvertures, des réseaux d'assainissement ainsi qu'au niveau de plusieurs éléments porteurs en brique et en pierre.

Par ailleurs, plusieurs zones présentent une dégradation avancée des matériaux associée aux fissurations, notamment une altération des enduits, une désagrégation des surfaces et une perte partielle de cohésion des maçonneries. L'ensemble de ces désordres est illustré par les figures correspondantes et synthétisé dans le tableau de diagnostic des fissures.

L'ensemble des fissurations relevées est synthétisé dans le tableau de diagnostic (Tableau III.1.), permettant d'identifier leur typologie, leur localisation et leurs caractéristiques principales.



Figure III.1 : Fissuration au niveau d'un angle de mur porteur

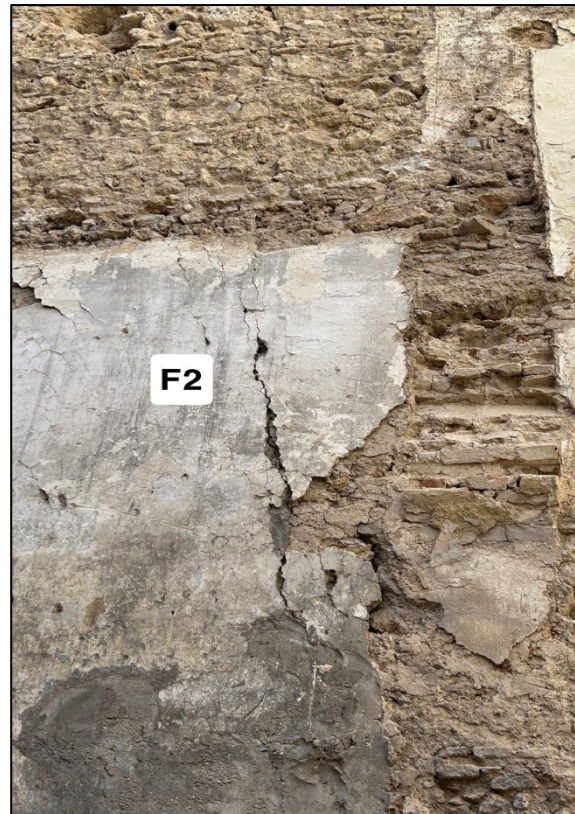


Figure III.2 : Fissuration verticale sur un mur porteur en maçonnerie

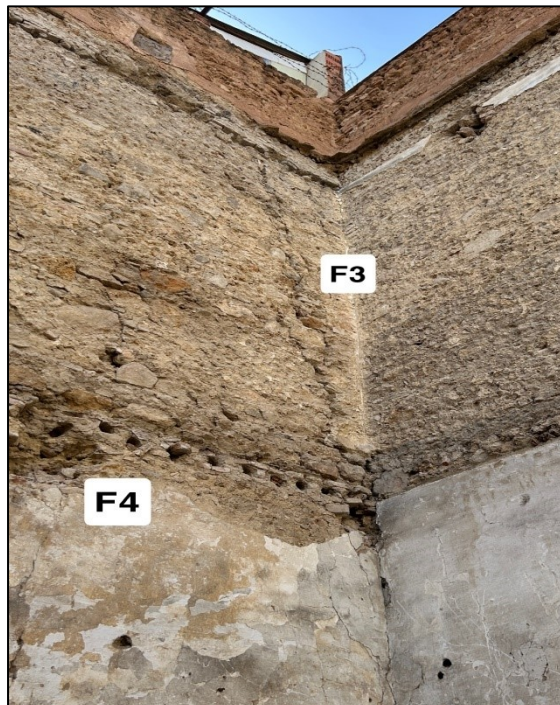


Figure III.3 : Fissuration à l'angle d'un mur porteur en pierre

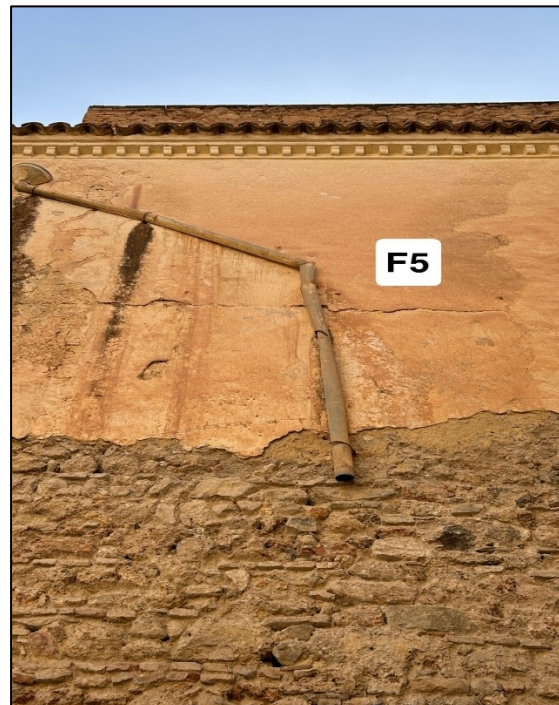


Figure III.4 : Fissuration localisée à proximité d'un réseau d'assainissement



Figure III.5 : Fissuration et dégradation d'un mur porteur avec altération des enduits



Figure III.6 : Fissuration affectant un poteau en maçonnerie de brique pleine

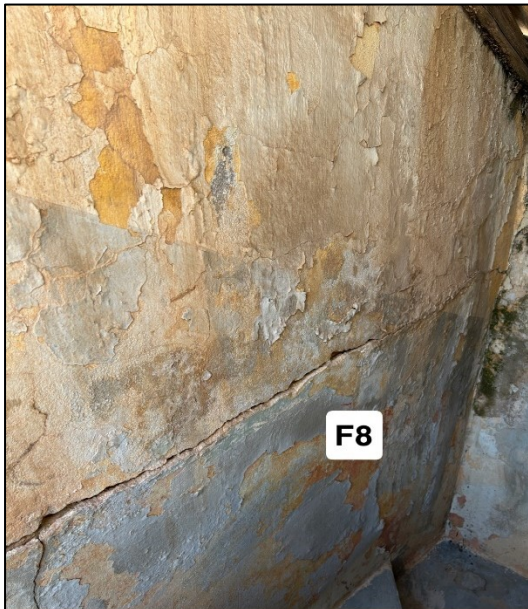


Figure III.7 : Fissuration horizontale sur un mur en maçonnerie (étage courant)

<u>Référence</u>	<u>Type de fissure</u>	<u>Quantité (m)</u>	<u>Localisation</u>	<u>Description</u>	<u>Manifestations observées</u>
F1	Fissure diagonale	3,20	Angle de mur porteur	Fissure inclinée localisée à la jointe de deux murs	Ouverture visible, traversant l'enduit
F2	Fissure verticale	1.80	Mur porteur	Fissure traversante affectant la continuité du mur	Ouverture marquée, dégradation de l'enduit
F3	Fissure verticale	3	Angle supérieur du mur	Fissure continue du haut vers le bas	Continuité sur toute la hauteur
F4	Dégradation + microfissures	1,50	Mur intérieur	Altération des enduits avec fissuration diffuse	Dégradation superficielle de l'enduit
F5	Fissure horizontale	2,30	Façade extérieur (réseaux)	Fissure localisée à proximité d'une canalisation	Ouverture linéaire avec dégradation locale
F6	Fissure + dégradation avancée	2,10	Mur porteur	Désagrégation du mur avec fissures multiples	Désagrégation locale des matériaux
F7	Fissure verticale	3,70	Poteau en brique	Fissuration affectant un élément porteur verticale	Altération de la surface et continuité visible
F8	Fissure horizontale	1,35	Mur en étage	Fissure verticale accompagnée d'humidité	Ouverture visible avec dégradation de la surface

Tableau III.1 : Relevé des fissurations observées au foundouk Benosman

L'analyse des fissurations met en évidence une prédominance des désordres liés aux tassements différentiels et aux effets de l'humidité sur le vieillissement de la maçonnerie, affectant principalement les éléments porteurs du fondouk.

III.2.2.2 Moisissure (Humidité)

Des traces d'humidité et de moisissures sont observées de manière généralisée dans plusieurs zones de l'édifice. Elles apparaissent principalement au niveau des parties basses des murs, se manifestant par des taches, des auréoles et une altération des revêtements. (Fig. III.8)

Une petite pièce située sous l'escalier, dépourvue d'aération naturelle, présente également des traces de moisissure, confirmant l'impact direct du manque de ventilation sur l'apparition et la persistance de ce phénomène. (Fig.III.9)

Un autre point concerne un mur en pierre traversé par un réseau d'assainissement vertical reliant l'étage au rez-de-chaussée, au niveau duquel des traces d'humidité et de dégradation des matériaux sont visibles. (Fig. III.10)

Par ailleurs, des phénomènes similaires sont constatés au niveau de la dalle du plancher de l'étage, notamment autour d'une ouverture vitrée (type dalle vitrée / ouverture zénithale), où des traces d'humidité et de dégradation des surfaces sont visibles. (Fig. III.11-12)

Des traces de moisissures sont également observées au niveau du plancher de l'escalier, se traduisant par des dépôts de couleur sombre et une altération des surfaces. (Fig. III.13)



Figure III.8 : Présence de moisissures et traces d'humidité sur un mur intérieur



Figure III.9 : Humidité généralisée dans un espace intérieur confiné

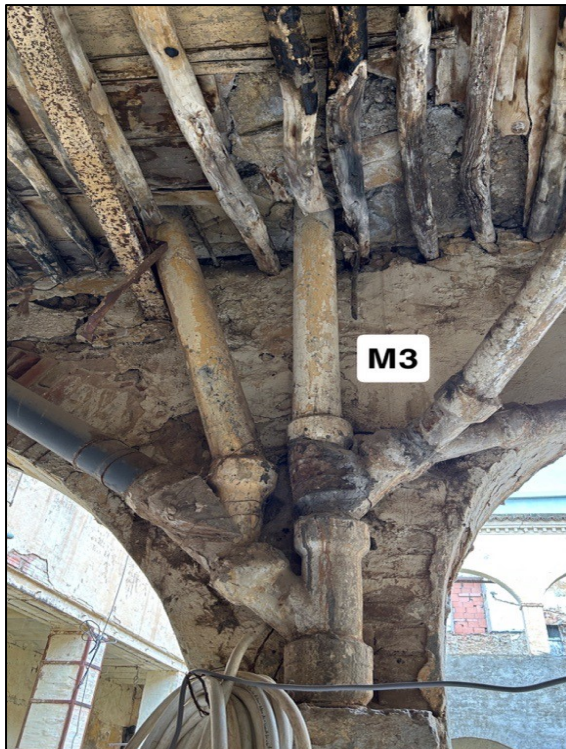


Figure III.10 : Dégradation liée à l'humidité au niveau d'un mur en pierre traversé par un réseau d'assainissement



Figure III.11 : Altération des enduits et traces d'humidité au niveau d'un arc et d'un mur intérieur



Figure III.12 : Dégradation et humidité au niveau de la dalle autour d'une ouverture zénithale



Figure III.13 : Traces d'humidité et altération des surfaces au niveau du plafond et des murs d'un passage

<u>Référence</u>	<u>Type de désordre</u>	<u>Localisation</u>	<u>Description</u>	<u>Manifestations observées</u>
M1	Moisissure + humidité	Mur intérieur	Développement de moisissures sur une surface murale	Taches sombres, auréoles, dégradation des enduits
M2	Humidité généralisée	Espace intérieur fermé	Présence importante d'humidité sur murs et sol	Assombrissement des surfaces, dégradation généralisée
M3	Humidité + dégradation du bois	Plancher / structure bois	Altération des éléments en bois	Dégradation visibles, noircissement, détérioration du bois
M4	Humidité + altération des enduits	Arc et mur intérieur	Dégradation localisée des surfaces	Décollement des enduits, taches d'humidité
M5	Humidité localisée	Dalle (ouverture zénithale)	Présence d'humidité autour de l'ouverture	Dégradation des surfaces, traces d'infiltration
M6	Humidité + dégradation, plafonds	Passage / plafond	Altération des surfaces verticales et horizontales	Taches, décollement, dégradation des revêtements

Tableau III.2 : Relevé des désordres liés à l'humidité et aux moisissures

- L'ensemble des observations met en évidence une présence généralisée de l'humidité au sein du fondouk, affectant à la fois les murs, les plafonds et les éléments structurels.

III.2.2.3 Dégradation des arcs

Les arcs du fondouk présentent plusieurs désordres visibles affectant leur état de conservation ainsi que leur stabilité apparente. Ces dégradations se manifestent par des fissurations localisées au niveau des arcs et des zones d'appui, accompagnées dans certains cas d'un éclatement partiel des matériaux de maçonnerie. (Fig. III.14 – III.15)

Par ailleurs, certains arcs présentent des déformations visibles traduisant un fléchissement ou une perte d'alignement géométrique, notamment au niveau des galeries entourant la cour intérieure. Ces désordres s'accompagnent d'une altération progressive des éléments porteurs associés, tels que les piliers en brique et les maçonneries de soutien. (Fig. III.16 – III.17)

Des phénomènes de dégradation sont également observés au niveau des surfaces maçonnées, caractérisés par un décollement des enduits, une désagrégation des briques et une détérioration des joints. Certaines zones présentent des pertes de matière importantes ainsi qu'une altération avancée des appuis des arcs. (Fig. III.18)

En outre, plusieurs arcs montrent des signes de tassement et de désorganisation des éléments constructifs, se traduisant par une irrégularité des formes et une modification de leur géométrie initiale. Ces désordres sont particulièrement visibles dans les zones ayant subi une dégradation importante des maçonneries et des structures horizontales associées. (Fig. III.19)



Figure III.14 : Dégradation des arcs et altération des façades intérieures du fondouk



Figure III.15 : Désordres structuraux affectant les arcs et les piliers en maçonnerie



Figure III.16 : Déformation et dégradation des galeries voûtées du niveau supérieur



Figure III.17 : Altération des arcs périphériques et dégradation des enduits



Figure III.18 : Dégradation généralisée des arcs et des maçonneries porteuses



Figure III.19 : Désordres structuraux et déformation des arcs en maçonnerie

<u>Référence</u>	<u>Type de désordre</u>	<u>Localisation</u>	<u>Description</u>	<u>Manifestations observées</u>
A1	Dégradation des arcs et maçonneries	Galerie intérieure	Altération des arcs et des surfaces maçonnées	Fissuration, dégradation des enduits, perte de matière
A2	Désordres structurels des arcs	Zone des piliers et arcs	Dégradation des éléments porteurs	Déformation, désalignement, altération des appuis
A3	Déformation des galeries voûtées	Niveau supérieur	Altération géométrique des arcs	Fléchissement, irrégularité des formes
A4	Dégradation des arcs périphériques	Cour intérieure	Altération des surfaces et des structures	Décollement des enduits, détérioration des maçonneries
A5	Dégradation généralisée des arcs	Façade intérieure	Désordres affectant les arcs et les murs porteurs	Fissuration, altération des matériaux
A6	Tassement et désorganisation structurelle	Passage voûté	Déformation des arcs et dégradation des supports	Désalignement, éclatement localisé, détérioration des joints

Tableau III.3 : Relevé des désordres observés au niveau des arcs

Les désordres observés au niveau des arcs traduisent une altération progressive du comportement structurel des galeries du fondouk. Les phénomènes de fissuration, de déformation et de dégradation des maçonneries témoignent d'un état de fragilité avancé affectant les éléments porteurs et les zones d'appui.

III.2.2.4. Dégradation des matériaux

Les matériaux constitutifs du fondouk présentent un état de dégradation avancé affectant aussi bien les maçonneries en pierre et en brique que les revêtements de surface. Les investigations visuelles réalisées in situ mettent en évidence des phénomènes importants de désagrégation, d'érosion, de perte de matière et d'effritement des surfaces, traduisant une altération généralisée des composants constructifs de l'édifice. (Fig. III.20 à Fig. III.29)

Plusieurs zones présentent une dégradation prononcée des maçonneries, caractérisée par une détérioration progressive des joints, un déchaussement partiel des briques ainsi qu'une perte de cohésion entre les différents éléments constitutifs. Des lacunes importantes et des effondrements localisés sont également observés au niveau de certains murs et ouvertures, témoignant d'un état de fragilité avancé des structures maçonnées. (Fig. III.20, III.22, III.24)

Par ailleurs, les revêtements muraux présentent des phénomènes d'écaillage, de décollement et de détachement des enduits, laissant apparaître les couches internes des maçonneries. Une altération significative est également relevée au niveau des angles, des encadrements d'ouvertures et des éléments maçonnés associés, où l'on constate une détérioration des briques et une perte progressive de matière. (Fig. III.25 à Fig. III.29)

L'ensemble de ces désordres met en évidence un état de dégradation généralisé des matériaux du fondouk, affectant aussi bien les performances mécaniques des maçonneries que l'état de conservation des différentes composantes architecturales et constructives de l'édifice.



Figure III.20 : Dégradation avancée d'un mur en maçonnerie et perte de revêtement



Figure III.21 : dégradation des matériaux au niveau d'une ouverture arquée



Figure III.22 : Altération des maçonneries et dégradation des surfaces intérieures



Figure III.23 : Dégradation des enduits et désagrégation des maçonneries



Figure III.24 : Effritement des matériaux et perte de cohésion des murs



Figure III.25 : Dégradation localisée d'un angle maçonné en brique



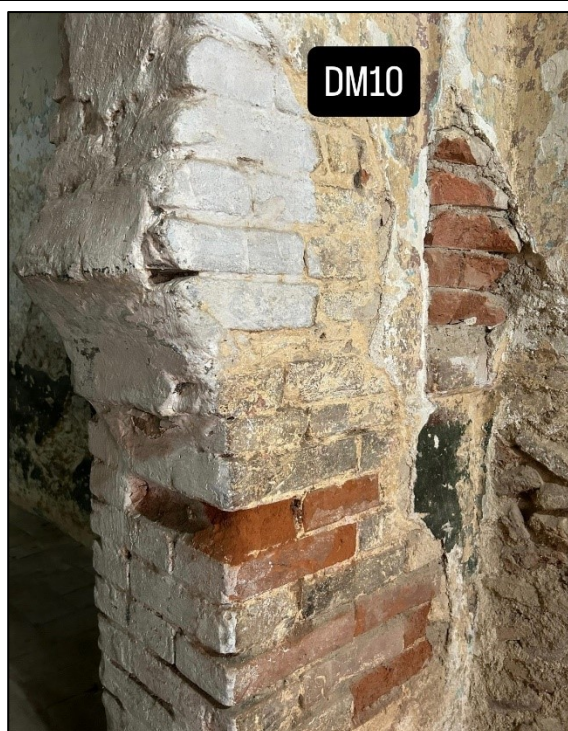
Figure III.26 : Altération des matériaux au niveau d'une ouverture murale



Figure III.27 : Dégradation des encadrements et détérioration des revêtements



**Figure III.28 : Dégradation des briques
et détérioration des joints de maçonnerie**



**Figure III.29 : Désagrégation des
maçonneries en brique et perte de matière**

<u>Référence</u>	<u>Type de désordre</u>	<u>Localisation</u>	<u>Observations</u>
DM1	Désagrégation des maçonneries et perte d'enduit	Mur porteur	Dégradation importante des surfaces avec perte partielle de matière
DM2	Dégradation des matériaux au niveau d'un arc	Ouverture arquée	Altération des briques et détérioration des éléments maçonnés
DM3	Effritement des maçonneries	Mur intérieur	Dégradation généralisée des surfaces et perte de cohésion
DM4	Décollement des enduits	Parois murales	Présence de lacunes et détachement des revêtements
DM5	Désagrégation des matériaux	Mur en pierre	Dégradation avancée des maçonneries et perte de matière
DM6	Dégradation localisée des briques	Angle maçonné	Déchaussement et détérioration des éléments en brique
DM7	Altération des éléments constructifs	Encadrement d'ouverture	Dégradation des matériaux au niveau des appuis
DM8	Dégradation des revêtements	Ouverture murale	Décollement des enduits et altération des surfaces
DM9	Dégradation des joints de maçonnerie	Mur en brique	Perte de cohésion et désolidarisation des éléments
DM10	Désagrégation des maçonneries	Angle en brique	Altération avancée des matériaux et perte de matière

Tableau III.4 : Relevé pathologique des dégradations des matériaux observées au niveau du fondouk

L'ensemble des observations met en évidence une dégradation généralisée des matériaux constitutifs du fondouk. Les désordres relevés affectent principalement les maçonneries, les briques, les joints et les revêtements, traduisant un état d'altération avancé des éléments constructifs de l'édifice.

III.2.2.5 Dégradation des planchers en bois

Les planchers en bois du fondouk présentent un état de dégradation très avancé. Dans plusieurs zones, des effondrements partiels, voire totaux, ont été observés, accompagnés de la disparition de certains éléments constitutifs (Fig.III.30, Fig.III.34).

Les planchers sont constitués soit de pièces de bois brut disposées selon un mode constructif traditionnel (rondins ou bois non équarri), soit de planches de bois plus régulières. Dans les deux cas, ils présentent diverses altérations visibles, notamment des fissurations, des ruptures localisées ainsi que des zones fortement dégradées (Fig.III.31, Fig.III.35, Fig.III.37).

Par ailleurs, la présence d'attaques biologiques de type xylophage a été constatée sur plusieurs éléments en bois, se manifestant par des perforations, des galeries et une dégradation progressive de la matière (Fig.III.30, fig.III.33).

L'ensemble de ces désordres traduit un état de fragilité structurelle avancé affectant la stabilité et la capacité portante des planchers en bois. Ces pathologies sont illustrées par les figures correspondantes et synthétisées dans le tableau de diagnostic (fig.III.30 à fig.III.37).



Figure III.30 : Dégradation avancée des solives en bois avec altération et noircissement



Figure III.31 : Attaque biologique du bois (présence de galeries et perforations)



Figure III.32 : Dégradation des éléments en bois avec corrosion des pièces métalliques associés



Figure III.33 : Déformation et affaissement du plancher au niveau du passage voûté



Figure III.34 : Effondrement partiel du plancher en bois (rupture des solives)



Figure III.35 : Fléchissement du solivage et déformation du plafond



Figure III.36 : Altération du plafond et dégradation des éléments de plancher



Figure III.37 : Dégradation du platelage et instabilité du plancher supérieur

<u>Référence</u>	<u>Type de désordre</u>	<u>Localisation</u>	<u>Description</u>	<u>Manifestations observées</u>
B1	Altération du bois	Solivage (plancher inférieur)	Dégradation avancée des éléments en bois	Noircissement, fissuration, bois assombri, friable
B2.1	Attaque biologique	Plancher intermédiaire	Dégradation du bois par agents biologiques	Présence de trous, dégradation avancée, présence d'humidité
B2.2	Dégradation bois + métal	Plancher (structure mixte)	Altération de bois et des pièces métalliques intégrés	Corrosion des éléments métalliques, rouille, dégradation du bois
B3	Déformation structurelle	Passage voûté	Altération du plancher supporté par une structure en arc	Détérioration visible, affaissement localisé, dégradation du bois
B4	Rupture du plancher	Zone de circulation (étage)	Perte de continuité du plancher	Présence de trou (vide), instabilité locale
B5.1	Fléchissement du solivage	Plancher haut / plafond	Déformation des solives	Affaissement, ondulation
B5.2	Dégradation des surfaces	Sous-face du plancher	Altération des éléments visibles	Taches, décollement
B6	Dégradation du platelage	Plancher supérieur	Altération des planchers du surface	Désolidarisation, instabilité

Tableau III.5: Relevé des désordres liés à la dégradation des planchers en bois

Les observations mettent en évidence une dégradation généralisé des planchers en bois, affectant aussi bien les éléments porteurs que les sous-structures associées et éléments secondaires mitoyens.

III.2.3. Localisation des désordres

Les diverses pathologies constatées affectent différents emplacements du fondouk, que ce soit au niveau du rez-de-chaussée, des façades ou même de la cour intérieure. Cette répartition géographique des désordres éclaire leur origine et leur incidence sur l'intégrité structurelle de l'ensemble architectural.

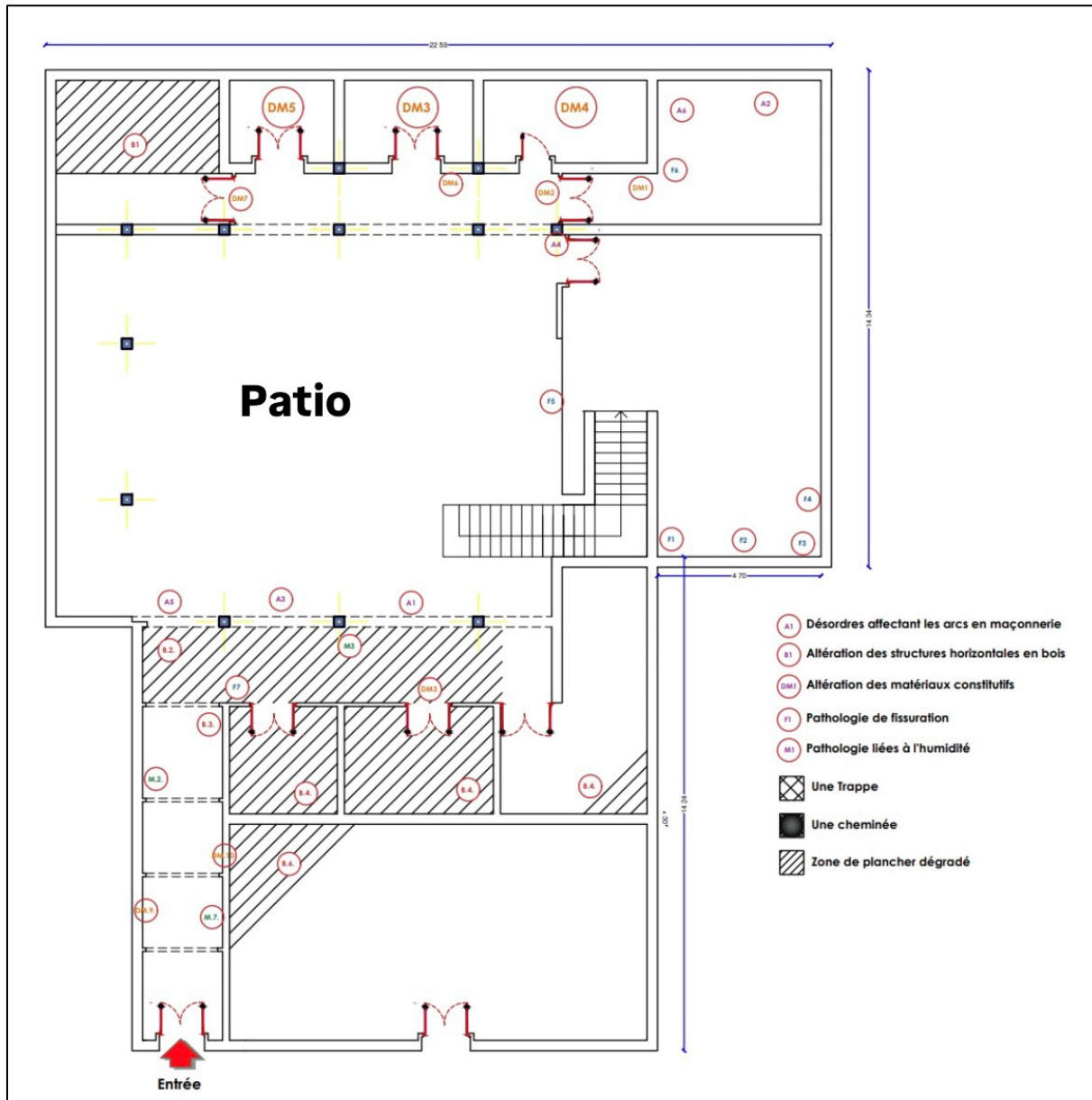


Figure III.38 : Plan des dégradations au niveau du RDC

Source auteur

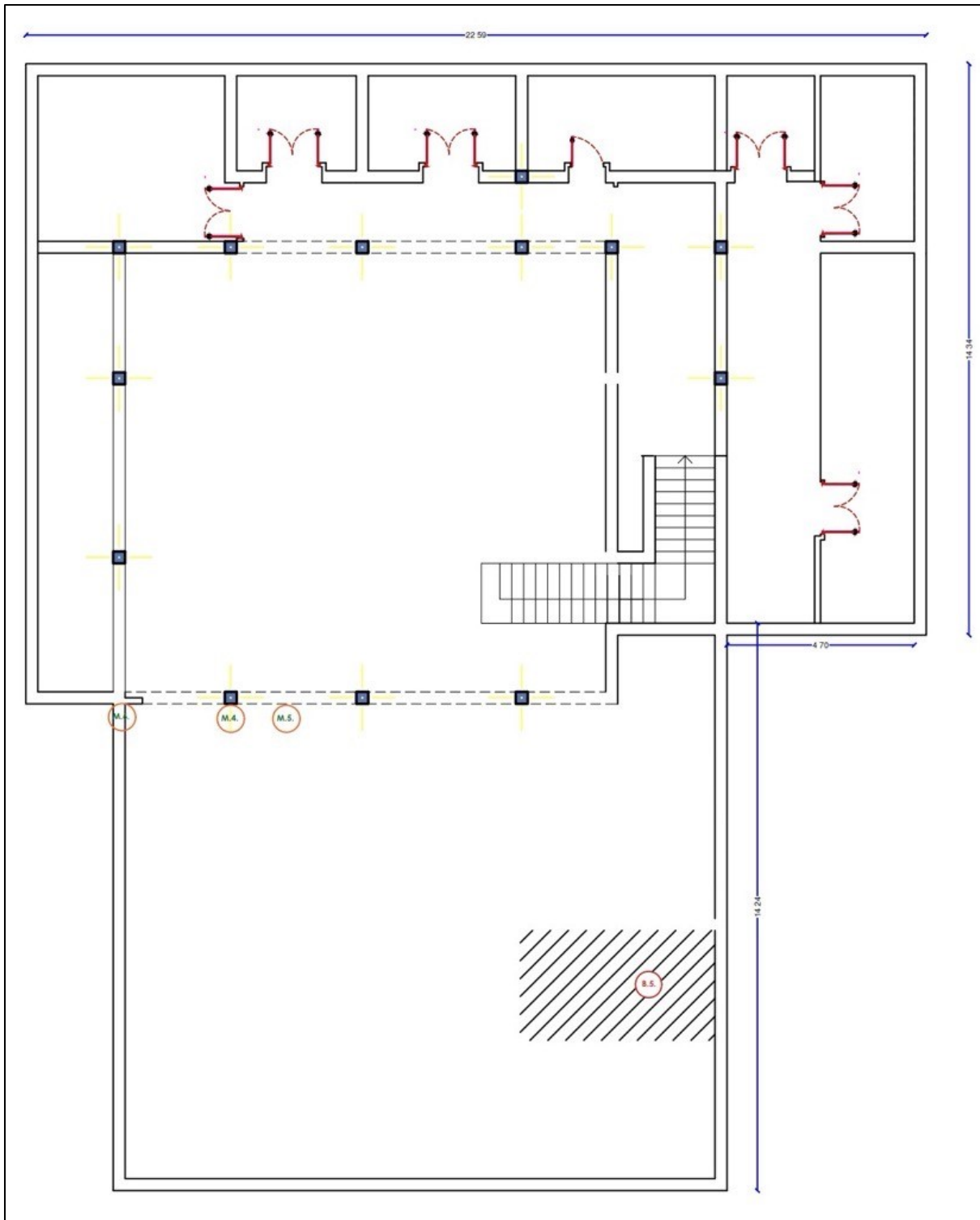


Figure III.39 : Plan des dégradations au niveau de l'étage courant

Source auteur

III.3. Analyse globale des différentes pathologies relevées**III.3.1. Analyse des fissures**

L'analyse des fissurations observées au niveau du fondouk Benosman met en évidence la présence de désordres affectant principalement les maçonneries porteuses et les zones de liaison entre les différents éléments structurels. Les fissures relevées présentent des orientations variées (verticales, horizontales et obliques), traduisant une perturbation du comportement mécanique de l'édifice et une modification de la répartition des contraintes au sein des structures porteuses.

Les fissures obliques et les désalignements observés au niveau de certaines zones des murs et des arcs indiquent la présence probable de mouvements différentiels affectant les fondations et les maçonneries. Ces déplacements génèrent des contraintes supplémentaires au niveau des éléments porteurs, favorisant l'apparition et l'évolution des fissurations.

Par ailleurs, la dégradation progressive des matériaux constitutifs, notamment les briques, les pierres, les joints et les enduits, contribue à l'affaiblissement des maçonneries et à la perte de cohésion des structures. L'humidité persistante observée dans plusieurs zones du fondouk constitue également un facteur aggravant, en réduisant les propriétés mécaniques des matériaux et en accélérant les processus de détérioration.

L'ensemble de ces désordres traduit un état de fragilité structurelle affectant les maçonneries du fondouk, nécessitant une prise en compte approfondie dans le cadre du diagnostic et des interventions de réhabilitation.

III.3.2. Analyse de l'humidité

Les phénomènes d'humidité observés au sein du fondouk constituent l'un des principaux facteurs de dégradation de l'édifice. Les remontées capillaires, les infiltrations d'eau, l'insuffisance des dispositifs d'étanchéité ainsi que la présence d'anciens réseaux d'assainissement défectueux favorisent une humidification continue des maçonneries. Cette humidité persistante entraîne une altération progressive des propriétés physiques et mécaniques des matériaux, notamment des enduits, des briques et des joints. Elle favorise également le développement de moisissures et de micro-organismes, accélérant ainsi la détérioration des surfaces et des éléments constructifs.

III.3.3 Analyse de la dégradation des arcs

L'analyse des désordres affectant les arcs met en évidence une altération progressive des structures voûtées du fondouk. Les fissurations, déformations et désalignements observés traduisent une perturbation du fonctionnement mécanique des arcs et une mauvaise redistribution des charges vers les éléments porteurs. La dégradation des maçonneries, associée à l'érosion des joints et aux phénomènes d'humidité, contribue à la perte de cohésion des structures voûtées et accentue leur état de fragilité. Les tassements différentiels observés dans certaines zones aggravent également les déformations des arcs et compromettent leur stabilité structurelle.

III.3.4. Analyse de la dégradation des matériaux

Les matériaux constitutifs du fondouk présentent un état de dégradation avancé résultant de l'action combinée des facteurs climatiques, de l'humidité et du vieillissement naturel de l'édifice. Les phénomènes de désagrégation, d'effritement et de perte de matière observés au niveau des maçonneries traduisent une altération importante des propriétés mécaniques des matériaux. La détérioration des joints et des revêtements favorise l'exposition directe des murs aux agents extérieurs, accélérant ainsi les processus de dégradation et la fragilisation des éléments constructifs.

III.3.5 Analyse de la dégradation des planchers

Les planchers en bois du fondouk présentent un état de dégradation très avancé, allant dans certains cas jusqu'à un effondrement partiel ou total, ce qui entraîne une rupture de la continuité structurelle et une diminution significative de leur capacité portante. Cette dégradation est principalement liée au vieillissement des matériaux, en particulier du bois, à une exposition prolongée à l'humidité ainsi qu'à un manque d'entretien. Les planchers sont constitués soit de pièces de bois brut disposées de manière traditionnelle (type rondins ou bois non équarri), soit de planches de bois plus régulières ; toutefois, dans les deux cas, ils présentent des altérations importantes telles que des fissurations, des ruptures localisées et des zones fortement détériorées. De plus, la présence d'organismes xylophages (insectes se nourrissant du bois) a été constatée, favorisant la décomposition progressive du matériau et entraînant des phénomènes de pourriture. L'ensemble de ces dégradations compromet sérieusement la résistance mécanique des planchers et constitue un risque majeur pour la sécurité des usagers ainsi que pour la stabilité globale de l'édifice.

III.3.6. Causes générales des pathologies

Les pathologies observées au niveau du fondouk Benosman résultent d'une interaction complexe entre plusieurs facteurs d'origine structurelle, environnementale et anthropique, agissant de manière progressive sur l'ensemble de l'édifice. L'humidité constitue l'un des principaux agents de dégradation identifiés, notamment à travers les phénomènes de remontées capillaires, les infiltrations d'eau et la présence d'anciens réseaux d'assainissement défectueux. Cette humidité persistante entraîne une altération physico-mécanique des matériaux, favorisant la désagrégation des maçonneries, la détérioration des joints, le décollement des enduits ainsi que le développement de moisissures et de micro-organismes.

Par ailleurs, le vieillissement naturel des matériaux constructifs, combiné à une absence prolongée d'entretien et de conservation, a accéléré les processus de dégradation affectant les briques, les pierres, les éléments en bois et les structures métalliques. Les variations climatiques, les cycles d'humidification et de séchage ainsi que les fluctuations thermiques ont également contribué à l'érosion progressive des matériaux et à la perte de cohésion des maçonneries.

Les désordres structurels observés, notamment les fissurations, les déformations des arcs et les affaissements localisés des planchers, traduisent également la présence probable de tassements différentiels du sol de fondation. Ces mouvements génèrent une redistribution anormale des charges au sein des éléments porteurs, provoquant des concentrations de contraintes et une fragilisation progressive de la structure.

En outre, la dégradation avancée des planchers en bois, aggravée par l'humidité et l'action d'organismes xylophages, a contribué à la perte partielle de certains éléments horizontaux, modifiant ainsi le fonctionnement mécanique global de l'édifice. La détérioration des systèmes porteurs horizontaux influence directement la stabilité des arcs, des galeries et des maçonneries associées.

L'ensemble de ces facteurs, agissant de manière simultanée et cumulative, explique l'état de dégradation généralisé observé au niveau du fondouk Benosman et met en évidence la nécessité d'une intervention de réhabilitation globale fondée sur une compréhension approfondie des mécanismes pathologiques affectant l'édifice.

III.4. Synthèse générale

III.4.1. Etat général du fondouk

L'état général du fondouk Benosman révèle une dégradation avancée affectant l'ensemble des composantes architecturales et structurelles de l'édifice. Les investigations menées sur site mettent en évidence une altération importante des maçonneries porteuses, des arcs, des planchers en bois ainsi que des matériaux constitutifs, traduisant une perte progressive des capacités mécaniques et de la cohésion structurelle du bâtiment. Les désordres observés témoignent d'un état de fragilité généralisé résultant de l'action prolongée des facteurs environnementaux, du vieillissement naturel des matériaux et de l'absence d'entretien adapté.

Le bâtiment montre plusieurs zones sévèrement détériorées où l'on note des fissures généralisées, des déformations de la structure, des pertes de substance et d'importants changements dans les éléments porteurs. Non seulement cette situation impacte l'état de préservation du fondouk, mais elle influence également son fonctionnement structurel global ainsi que sa stabilité sur le long terme.

III.4.2. Synthèse des pathologies observées

L'examen pathologique a permis de repérer une série d'anomalies touchant en même temps les structures verticales, horizontales ainsi que les composantes architecturales du fondouk. Les fissures observées sur les murs porteurs, les arcs et certaines zones de liaison signalent des anomalies dans le comportement mécanique de la construction et un changement graduel dans la répartition des charges au sein des structures.

Les phénomènes d'humidité et de moisissures observés dans plusieurs parties du bâtiment constituent également des pathologies majeures. Les remontées capillaires, les infiltrations d'eau ainsi que la présence d'anciens réseaux d'assainissement dégradés favorisent une humidification continue des maçonneries, entraînant une détérioration progressive des matériaux, des joints et des revêtements.

Par ailleurs, les matériaux constitutifs du fondouk présentent un état de dégradation avancé caractérisé par des phénomènes de désagrégation, d'effritement, de décollement des enduits et de perte de cohésion des maçonneries. Les structures voûtées montrent également des déformations, des désalignements et des altérations importantes au niveau des appuis et des joints, traduisant une fragilisation progressive des arcs et des galeries.

Les planchers en bois présentent quant à eux des désordres particulièrement critiques, marqués par des affaissements localisés, des déformations, des pertes partielles d'éléments porteurs et une dégradation avancée du bois sous l'effet de l'humidité, du vieillissement et des attaques biologiques. L'ensemble de ces pathologies met en évidence une dégradation généralisée affectant les différentes composantes du système constructif du fondouk.

III.4.3 Interaction des pathologies

Les pathologies observées au niveau du fondouk Benosman ne se développent pas de manière isolée mais résultent d'une interaction permanente entre plusieurs mécanismes de dégradation agissant simultanément sur la structure. L'humidité persistante constitue l'un des principaux facteurs aggravants, en favorisant la dégradation des maçonneries, l'altération des joints et la détérioration des éléments en bois. Cette dégradation progressive des matériaux entraîne une diminution de leur résistance mécanique et accélère l'apparition des fissurations et des déformations structurelles.

La dégradation avancée des planchers en bois influence également le comportement global de l'édifice en modifiant les conditions de transmission des charges vers les éléments porteurs verticaux. Cette situation contribue à accentuer les désordres observés au niveau des arcs et des maçonneries, notamment les phénomènes de fléchissement, de désalignement et de fissuration.

En parallèle, les mouvements différentiels affectant certaines parties du bâtiment génèrent des concentrations de contraintes au sein des structures porteuses, favorisant l'évolution des fissures et la fragilisation progressive des zones déjà altérées. Ainsi, l'interaction entre l'humidité, la dégradation des matériaux, les désordres structurels et les défauts de stabilité participe à l'aggravation continue de l'état général du fondouk.

III.4.4 Vulnérabilité structurelle du fondouk

L'analyse globale des désordres met en évidence une vulnérabilité structurelle importante de plusieurs parties du fondouk Benosman. Les fissurations affectant les maçonneries porteuses, les déformations relevées au niveau des arcs ainsi que l'altération avancée des planchers en bois traduisent une diminution progressive de la capacité portante de certains éléments structurels. La dégradation des maçonneries et des joints compromet la cohésion interne des structures et perturbe le transfert homogène des charges au sein de l'édifice. Par ailleurs, l'altération des structures horizontales et la perte partielle de certains éléments porteurs accentuent la fragilité des galeries et des zones voûtées.

L'ensemble de ces désordres affecte directement la stabilité locale de plusieurs parties du bâtiment et augmente le risque d'évolution vers des dégradations plus critiques pouvant compromettre la sécurité et la pérennité du fondouk.

III.4.5 Hiérarchisation des désordres

Les pathologies relevées peuvent être classées selon leur niveau d'incidence sur la stabilité structurelle et l'état de conservation du fondouk. Les désordres les plus critiques concernent principalement les fissurations structurelles, les déformations des arcs et la dégradation avancée des planchers en bois, en raison de leur impact direct sur le comportement mécanique de l'édifice et sur la transmission des charges au sein des structures porteuses.

Les phénomènes d'humidité, bien qu'apparaissant initialement comme des désordres secondaires, constituent en réalité des facteurs aggravants majeurs participant à l'évolution des altérations des matériaux, des joints et des maçonneries. La dégradation des revêtements et des enduits, quant à elle, reflète un état avancé de détérioration des surfaces et favorise l'exposition directe des matériaux aux agressions extérieures.

Cette hiérarchisation met en évidence la nécessité de prioriser les interventions sur les éléments présentant les niveaux de vulnérabilité les plus élevés afin de limiter l'évolution des désordres structurels et d'assurer la conservation de l'édifice.

III.5 Conclusion diagnostique

Le diagnostic global du fondouk Benosman met en évidence un état de dégradation généralisé résultant de l'action cumulative de plusieurs facteurs pathologiques d'origine environnementale, structurelle et anthropique. Les désordres relevés affectent aussi bien les maçonneries porteuses que les structures voûtées, les planchers en bois et les matériaux constitutifs, traduisant une altération progressive du comportement mécanique et de l'équilibre structurel de l'édifice.

L'évolution des fissurations, la dégradation avancée des matériaux, les effets persistants de l'humidité ainsi que la fragilisation des éléments porteurs témoignent d'un état de vulnérabilité nécessitant une intervention de réhabilitation globale et adaptée. Cette intervention devra prendre en considération les spécificités constructives et patrimoniales du fondouk afin d'assurer la stabilisation des zones fragilisées, la conservation des matériaux d'origine et la pérennité architecturale et structurelle de l'édifice.

Chapitre IV :

Réhabilitation du Fondouk

Traitement des pathologies et valorisation du Fondouk Benosman

IV.1. Introduction :

Ce chapitre représente l'étape opérationnelle de l'enquête après l'examen architectural, structurel et pathologique effectué auparavant. En tenant compte des désordres relevés dans le chapitre 3, il convient maintenant de présenter une stratégie de réhabilitation appropriée pour le fondouk, en prenant en considération sa valeur historique, son état structural ainsi que les exigences modernes en matière de sécurité, de durabilité et de fonctionnalité.

La réhabilitation d'un édifice ancien ne se limite pas simplement à corriger les dégradations constatées, mais inclut également la protection de son identité architecturale, l'amélioration de son comportement structurel et la garantie de sa durabilité, tout en intégrant des solutions techniques contemporaines qui respectent le caractère historique de la construction.

Dans le cas du fondouk analysé, les actions suggérées s'appuient sur une méthode multidisciplinaire intégrant :

- La préservation du patrimoine ;
- Le renforcement des structures ;
- La prise en charge des pathologies ;
- L'optimisation des performances opérationnelles ;
- L'incorporation de concepts de réhabilitation intelligente et écoresponsable.

L'objectif essentiel est ainsi de convertir le fondouk en une structure fiable, protégée et mise en valeur, pouvant satisfaire les besoins contemporains tout en préservant son authenticité historique.

IV.2. Objectifs de la réhabilitation :

La réhabilitation du patrimoine bâti doit respecter les caractéristiques historique, constructives et culturelles du monument. Cette action vise non seulement à corriger les détériorations constatées, mais aussi à élaborer une stratégie de conservation durable pour préserver l'identité architecturale de l'édifice tout en optimisant ses performances structurelles et fonctionnelles. Dans le cadre d'une méthode contemporaine de réhabilitation intelligente, plusieurs objectifs clés ont été établis pour garantir une intervention harmonieuse et appropriée aux spécificités du fondouk.

IV.2.1 Conservation de la valeur patrimoniale et historique du fondouk

Le fondouk constitue un aspect essentiel du patrimoine culturel et architectural de la ville de Tlemcen. Sa configuration spatiale, ses matériaux classiques ainsi que ses composantes architecturales reflètent des méthodes de construction anciennes et l'aspect historique de ce genre de structure. Cependant, les diverses dégradations constatées pourraient progressivement nuire à son authenticité et entraîner la perte de certains éléments d'origine.

L'un des objectifs essentiels de la réhabilitation est ainsi de maintenir la valeur historique du bâtiment en préservant autant que possible ses éléments architecturaux d'origine. Cette préservation porte principalement sur les murs en briques et en pierre, les arcades, les fenêtres, les planchers classiques ainsi que les divers éléments architecturaux typiques du fondouk. Les interventions suggérées doivent préserver l'identité historique de l'édifice et éviter toute modification pouvant altérer son apparence architecturale ou ses traits constructifs originels.

La conservation du patrimoine construit aide également à transmettre la mémoire historique et culturelle aux générations à venir, tout en contribuant à la mise en valeur du patrimoine urbain de la ville.

IV.2.2 Stabilisation et consolidation structurelle du bâtiment

Les analyses effectuées durant le diagnostic ont mis en évidence l'existence de divers désordres structurels touchant certains éléments porteurs du fondouk. Les fissures constatées sur les murs, les déformations des sols, les altérations des maçonneries ainsi que les impacts de l'humidité peuvent menacer la stabilité générale de la structure sur le long terme.

Dans ce cadre, la réhabilitation a pour objectif d'assurer la consolidation et la stabilisation structurelle du bâtiment pour garantir sa sécurité et sa pérennité. Les actions suggérées se concentrent surtout sur le renforcement des bases, la solidification des murs porteurs, la réparation des fissures structurelles, la restauration des anciens planchers et le traitement des composants affaiblis par les détériorations.

Le but principal est d'optimiser le comportement mécanique de la structure tout en maintenant ses caractéristiques de construction classiques. Cette consolidation aide également à maîtriser l'évolution des problèmes existants et à éviter l'apparition de nouvelles pathologies pouvant compromettre la stabilité du bâtiment.

IV.2.3 Programme de réhabilitation du fondouk Benosman

Les pathologies constatées dans le fondouk proviennent essentiellement du vieillissement des matériaux, des infiltrations d'eau, des remontées capillaires, des fluctuations climatiques et de l'insuffisance d'entretien. Ces phénomènes ont entraîné la détérioration graduelle des pierres, des joints de mortier, des éléments en bois et des diverses composantes structurelles de l'édifice.

La réhabilitation vise à traiter les facteurs des dégradations pour protéger de manière durable les matériaux anciens et garantir leur sauvegarde. Les actions envisagées incluent notamment le traitement de l'humidité, la réparation des fissures, la réhabilitation des maçonneries, le nettoyage des surfaces altérées et la protection des composants en bois contre les agressions biologiques et les conséquences de l'humidité.

Une importance particulière doit être portée sur la sélection des matériaux et des techniques employés pour garantir leur cohérence avec les matériaux d'origine. L'emploi de solutions appropriées aide à maintenir les caractéristiques physiques et mécaniques des matériaux anciens tout en prévenant les interventions violentes qui pourraient accélérer leur détérioration.

Le programme des différentes interventions pour la consolidation et la réalisation des différentes parties en désordre est le suivant :

IV.3 Techniques de réhabilitation et de consolidation structurelle du fondouk

Suite à l'évaluation des pathologies relevées et à l'établissement des buts de réhabilitation, il est essentiel de suggérer un ensemble d'interventions techniques appropriées à l'état actuel du fondouk. Ces actions visent à remédier aux problèmes détectés, à consolider les parties structurales affaiblies et à garantir la stabilité générale de la construction, tout en préservant son caractère historique et ses particularités architecturales.

Les techniques utilisées pour la réhabilitation du fondouk Benosman repose sur les techniques universelles utilisés dans la restauration des monuments historiques du pourtour méditerranéen établis par l'organisation REHABIMED.

La restauration structurelle d'un édifice ancien représente une phase cruciale dans le processus de préservation du patrimoine architectural. Elle a pour but non seulement de remédier aux dégradations présentes, mais aussi d'éviter l'émergence de nouvelles pathologies pouvant mettre en péril la durabilité de la construction. Pour le fondouk examiné, les solutions envisagées doivent s'harmoniser avec les matériaux traditionnels déjà présents, tels que la pierre, la brique pleine, le mortier de chaux et les éléments en bois, afin d'assurer une intervention qui préserve l'équilibre constructif initial.

La méthode utilisée s'appuie sur des techniques de renforcement spécifiques, sélectionnées selon la nature et le degré de détérioration de chaque composant structurel. Ces actions portent essentiellement sur le renforcement des fondations, la stabilisation des murs porteurs, le soin des fissures structurelles, la réhabilitation des vieux planchers, ainsi que la restauration des arcs et de la toiture. Chaque méthode suggérée a pour objectif d'optimiser le comportement mécanique de l'édifice tout en garantissant la préservation maximale des éléments d'origine.

D'autre part, dans le cadre d'une réhabilitation intelligente, plusieurs méthodes peuvent être combinées avec des outils contemporains de surveillance et de contrôle pour garantir l'efficacité des actions et garantir une gestion durable du fondouk après sa restauration. De cette manière, cette section expose les principales solutions techniques sélectionnées pour garantir la consolidation structurelle et la durabilité de ce bâtiment historique.

A- Renforcer une fondation : reprise en sous-œuvre (superficielle)

Situation et description de l'élément constructif concerné

La semelle de fondation est l'élément d'appui d'une construction. Elle répartit au sol les charges transmises par les murs. Ses dimensions dépendent de la nature et la résistance du sol de fondation. Généralement, elle est construite en pierre relativement dure et de grande dimension, avec un liant à haut dosage de chaux. La différence de tassement du sol entraîne l'affaissement de la construction au-dessus et par suite la rupture de la maçonnerie. Cette rupture se manifeste par des fissures (en général à 45° dans les élévations) ou dans les planchers, ainsi que par le désencastrement des éléments de charpente, le décollement partiel des enduits de chaux, le dysfonctionnement des portes et des fenêtres, ou la détérioration du mortier des joints.

Description du problème rencontré et des causes de la pathologie

Le problème majeur des fondations est la différence de tassement de sol :

1. Défaut de construction (méconnaissance de la nature du sol, mauvais choix de pierre pour les fondations –nature et dimensions–, utilisation d'un mauvais mortier de chaux, etc.).
2. La fondation sur un sol argileux riche en teneur d'eau ou proche du niveau de la nappe phréatique peut souffrir d'un retrait du sol en période de sécheresse, avec pour conséquence un tassement différentiel de la fondation.

3. L'élévation d'étages supplémentaires augmente la charge de la construction jusqu'au moment où la contrainte du sol ne peut plus résister ; un tassement de la fondation se produit alors.
4. Tout changement dans l'équilibre hydrique du sol provoque un tassement différentiel qui peut s'échelonner de quelques centimètres jusqu'à plusieurs dizaines de centimètres.
5. Enfin, la contrainte transmise au sol par les fondations dépend de la charge associée. Une contrainte qui n'est pas identique en tous points de la fondation accentue d'autant les tassements différentiels.



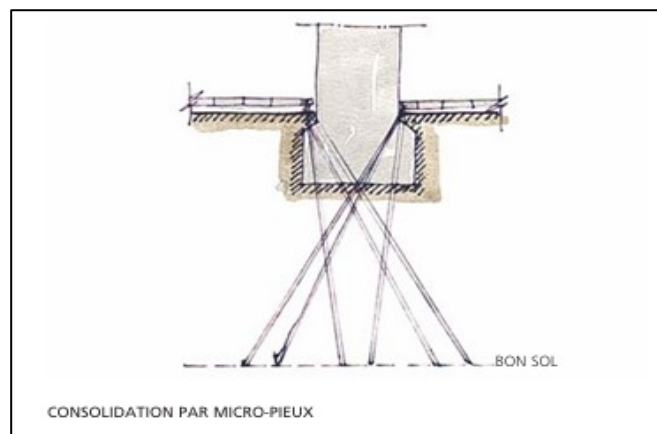
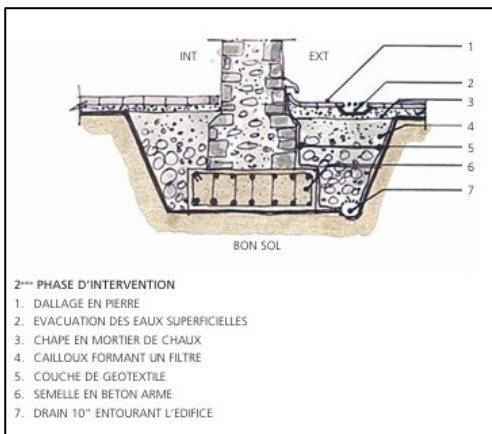
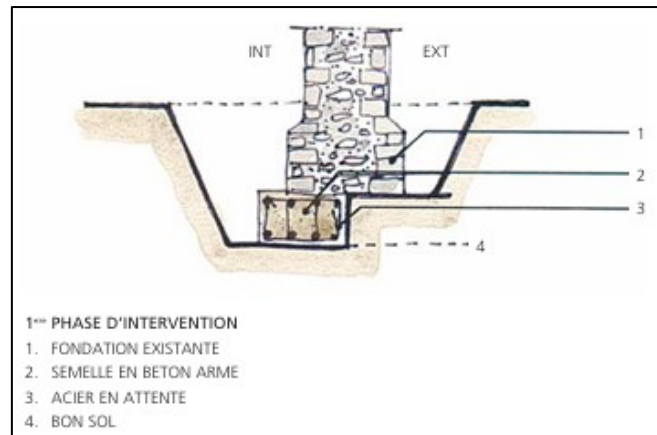
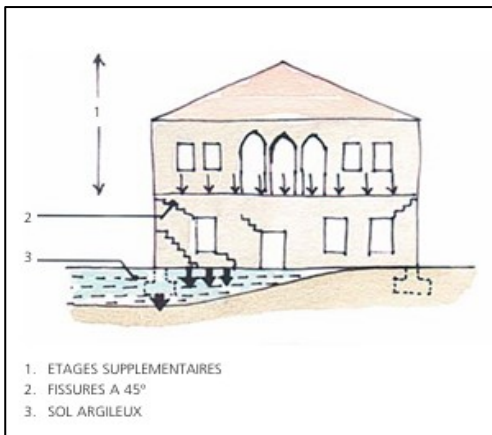
Description de la méthode d'entretien et/ou de réparation

Après un diagnostic des altérations de la maçonnerie, il faut :

1. Stabiliser le sol en évacuant les eaux souterraines au niveau des fondations par un système de drainage qui entoure le bâtiment.
2. Alléger si possible les charges supplémentaires.
3. Intervenir en sous-sol ; plusieurs systèmes d'intervention possibles :
 - 3.1. Consolider la fondation existante : Par l'injection de coulis de chaux hydraulique naturelle dans la maçonnerie de fondation. Le dosage de ce coulis varie selon les volumes à réaliser. Par défaut, il sera d'un volume de chaux pour deux volumes de sable fin et propre.
 - 3.2. Reprise en sous-œuvre de la semelle : Après l'évaluation de la charge transmise au sol par les fondations, on pourra définir la dimension convenable de la semelle pour assurer la stabilité du mur. Dans le cas d'un bon sol, il suffit d'élargir les semelles afin d'augmenter la surface de répartition de la charge au sol. Ce procédé consiste à :

- Fouiller le sol des deux côtés du mur jusqu'au niveau de la fondation. - Creuser au-dessous de la semelle existante sur la moitié de sa largeur. Procéder par tranches de longueur qui ne dépassent pas deux mètres chacune.
- Couler une semelle en béton armé dont les dimensions et le ferrailage dépendent de la charge qu'elle va supporter.
- Garder des aciers en attente pour la continuité du ferrailage dans la nouvelle semelle, du côté opposé. - Creuser du côté opposé de la première intervention, sur la même hauteur et les mêmes longueurs et largeurs.
- Nettoyer les aciers en attente, compléter le ferrailage et couler la deuxième partie de la semelle.
- Continuer dans le même principe l'élargissement de la semelle.

3.3. Transmettre par des micro-pieux les charges jusqu'au bon sol : Cette technique est utilisée dans le cas de sol fragile. Elle consiste à implanter des micro-pieux qui descendent profondément vers le bon sol au-dessous des semelles existantes. Cette solution nécessite des sondages préalables afin de reconnaître le sous-sol et le niveau du bon sol. Ainsi, elle nécessite la technicité et la main d'œuvre spécialisée dans ce type de travaux pour éviter les problèmes imprévus. Les micro-pieux sont des pieux de petit diamètre (15 à 20 cm), forés par rotation pour éviter toute vibration ou choc au-dessous des semelles existantes. Ces pieux sont armés d'un ferrailage tendu formant du béton compact précontraint, afin de supporter des charges élevées malgré leur petit diamètre. Ils seront intégrés à l'intérieur de la maçonnerie de la fondation afin d'assurer une parfaite liaison.



ATTENTION ! A éviter...

- Eviter toute intervention en sous-œuvre en hiver et au printemps quand le niveau de la nappe phréatique est élevé.
- Ne jamais creuser sans prévoir un système d'étaisements pour la tranchée réalisée et la maçonnerie de fondation.

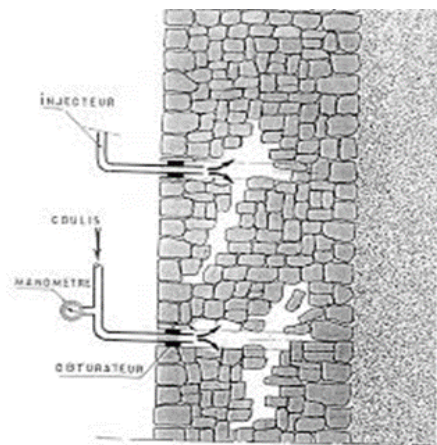
B- Renforcer un mur par injection du coulis

Situation et description de l'élément constructif concerné

Un coulis est un liant à base de chaux, qui pourra être injecté en remplacement ou en complément du mortier originel dans une maçonnerie affectée par des mouvements ou par une perte en mortier de hourdage.

Description du problème rencontré et des causes de la pathologie

Lors des différents mouvements de la construction en pierre, le mortier de chaux ancien s'écrase et se détériore, partiellement ou complètement. Les infiltrations des eaux à l'intérieur de la maçonnerie accentuent sa perte en cohésion et en résistance.



Description de la méthode d'entretien et/ou de réparation

La consolidation des maçonneries par l'injection de coulis :

Cette opération consiste à :

- Nettoyer les joints et les regarnir avec un mortier de chaux à dosage d'un volume de chaux pour trois volumes de sable propre (2-3mm). La granulométrie peut varier en fonction de la largeur des joints. Le mortier sera plus dosé en liant pour les joints minces, qui sont moins sujets au retrait.
- Après humidification, injecter la maçonnerie avec un coulis à grande fluidité, composé à base de chaux hydraulique naturelle à dosage : 1 volume de chaux pour 1 volume d'eau. Si l'approvisionnement en chaux hydraulique naturelle n'est pas possible, on peut « batarder » une chaux aérienne avec du ciment pour s'assurer d'une prise en partie hydraulique à l'intérieur des maçonneries. L'injection sera effectuée à refus, par étapes d'environ 1m de hauteur de mur.

- Le coulis sera mélangé à l'aide d'un embout de malaxage fixé sur une perceuse. Il devra remplir les vides à l'intérieur de la maçonnerie. Pour créer la pression nécessaire, un simple système utilisant la gravité avec un entonnoir au bout sera efficace. Une autre solution pourra être la construction d'un nid d'hirondelle en plâtre sur la surface du mur pour servir à verser le coulis dans le creux des joints. Au lieu de cet 'outil' on peut éventuellement utiliser une demi-bouteille en plastique coupée verticalement et posée sur la surface du mur. Il faut faire attention pendant la manœuvre à éviter les fuites de coulis et autres salissures en façade.

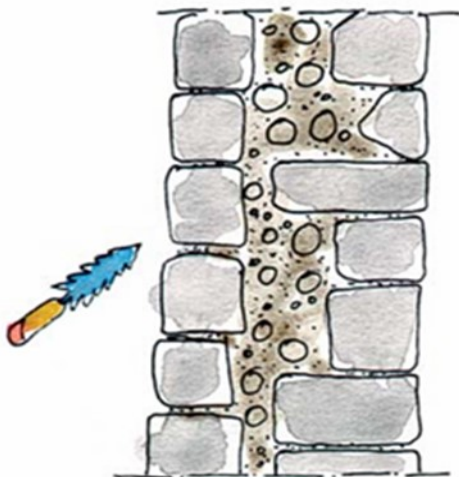


Figure : Nettoyage des joints

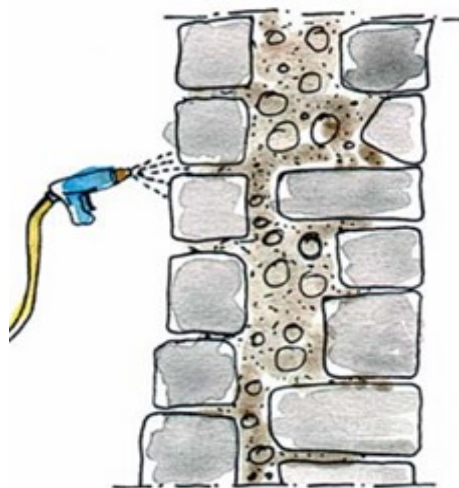


Figure : Humidification à l'eau



Figure : 1ère étape de consolidation
par coulis de chaux



Figure : 2eme étape de consolidation
par coulis de chaux

ATTENTION ! A éviter...

Eviter l'injection de coulis à base de chaux aérienne. Proscrire l'injection de coulis sur une grande hauteur de mur en une seule étape, afin d'éviter l'éclatement du mur.

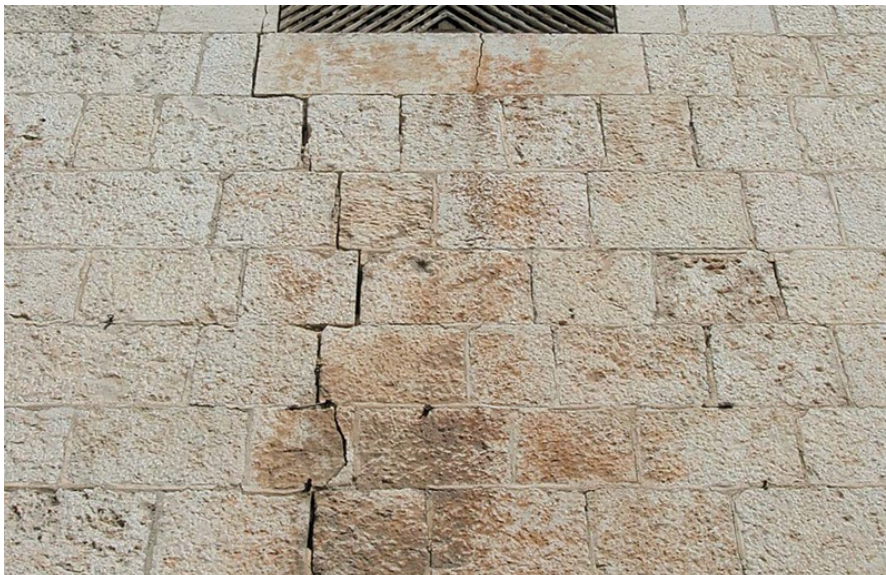
C- Réparer une fissure sur un mur en pierre

Situation et description de l'élément constructif concerné

Habituellement, les murs des constructions anciennes sont constitués d'une maçonnerie de pierre unie par un liant de mortier de chaux. On distingue plusieurs types de maçonnerie : les maçonneries à double parement de pierres taillées ; les maçonneries à simple parement de pierres taillées et les maçonneries de moellons.

Description du problème rencontré et des causes de la pathologie

Les murs en pierre sont exposés aux différentes formes de fissures : verticales, en forme d'escalier, à 45°. La cause principale de fissures est le tassement différentiel des fondations. Dans les bâtiments, l'apparition des fissures sur les murs porteurs est courante. Etant donné que la pierre est un matériau plus dur que le liant de mortier de chaux, les fissures se manifestent plutôt dans les joints. Toutefois, il ne faut pas juger les fissures par leur apparence extérieure : une fissure, même de taille importante, ne remet pas forcément en cause la structure du mur. Cependant, le traitement rapide des fissures est indispensable pour éviter que ce point faible ne crée une zone d'entrée dans le parement : infiltration d'eau, pousse de végétations à l'intérieur du parement de pierre et affaiblissement des murs affectés.



Description de la méthode d'entretien et/ou de réparation

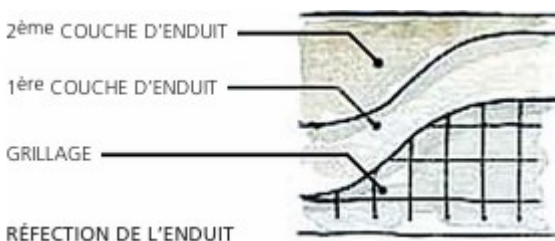
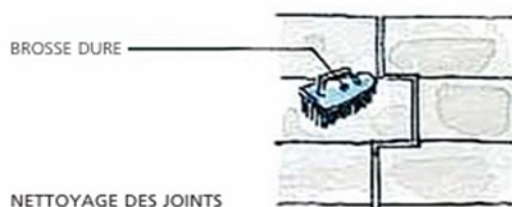
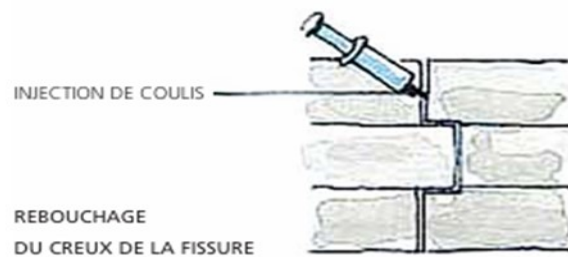
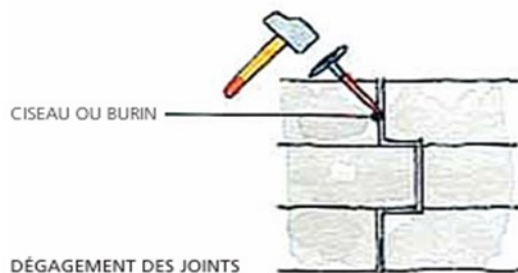
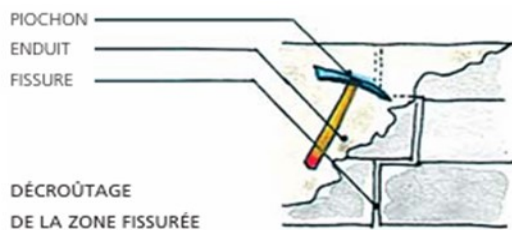
De formes diverse et variées, les fissures sont le témoignage des efforts auxquels le mur a été soumis et dont les causes ont été supprimées. Ces fissures qui ne sont plus évolutives peuvent être simplement rebouchées avec un mortier à prise lente et sans retrait (chaux aérienne et sable tamisé).

1. Décroûter les couches d'enduit autour de la zone fissurée à l'aide d'un piochon ou en utilisant un ciseau et un marteau. Prendre soin d'enlever les parties décollées et de dégager une surface minimale pour la réfection de l'enduit.
2. Dégager les joints en mortier le long de la zone fissurée. Utiliser avec soin un ciseau ou un burin avec un marteau. Le joint obtenu doit avoir une profondeur suffisante (jusqu'au fond du parement) pour assurer la consolidation et la bonne tenue du nouveau mortier de joint.
3. Nettoyer et dépoussiérer les joints (par exemple avec une brosse dure).
4. Humidifier les joints avec de l'eau jusqu'à saturation, pour une meilleure prise du mortier.
5. Préparer un mortier de chaux blanche (dosé entre 1 volume de liant pour 2 à 3 volumes de sable) pour reboucher le creux de la fissure jusqu'au nu du parement, en laissant éventuellement des accès pour l'injection de coulis (voir fiche 1.02. Renforcer un mur par injection du coulis).
6. Fixer éventuellement sur la surface à réenduire une armature de type grillage galvanisé ou grillage de fibres synthétiques, avec un maillage supérieur à 2 cm (un maillage large permet à l'enduit d'adhérer correctement au support).
7. Pour la réfection de l'enduit à la chaux, consulter la fiche 3.03. Préparer et appliquer un enduit de chaux.

Alternative :

Technique réparatrice pour les maçonneries ordinaires à deux rangs d'éléments dans le cas de « coups de sabre », et qui consiste à reconstituer la solidarité longitudinale du mur : les épingles.

1. Ancrer des épingles en fer doux (diamètre 10mm) dans des joints verticaux préalablement affouillés à cœur ; débarrasser les parements correspondants des traces de chaux.
2. Placer les épingles au rythme d'une par assise et leurs ancrages sont décalés au moins d'une pierre par lit. Dégarnir soigneusement les joints autour des ancrages.
3. Sceller les épingles au mortier de ciment, le corps des épingles à 1 ou 2 cm du parement.
4. Fouetter les épingles et la partie préparée du mur avec un enduit de ciment dosé à 350 kg/m³ (mouiller le mur préalablement).



ATTENTION ! A éviter...

Une fissure est toujours la conséquence d'un désordre dans une construction : il faut réparer la cause avant de traiter la fissure.

D- Réparer une série d'appuis de plancher au niveau du mur

Situation et description de l'élément constructif concerné

Le plancher en bois dans un édifice est un élément structurel important : il convient de le surveiller et de l'entretenir. Des risques et des déformations pourront être décelés avec l'âge de la construction. Un entretien permanent permet la détection des anomalies dans le bois avant sa dernière étape de pourriture et de destruction, et son effondrement.

Description du problème rencontré et des causes de la pathologie

Nous apercevons plusieurs types d'altération du bois au niveau des appuis au mur :

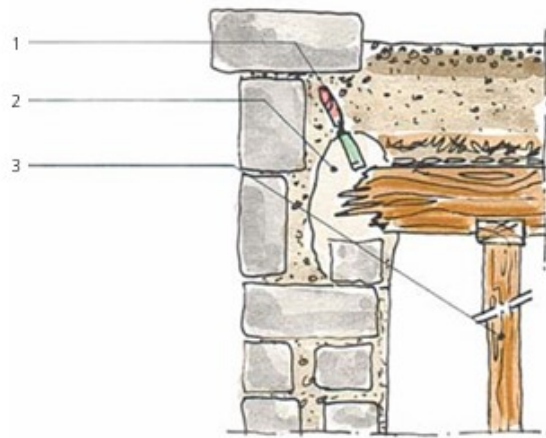
1. Des fentes au niveau des assemblages et à l'encastrement aux appuis sont dues à la fatigue des pièces de bois (vieillissement).
2. Le sous dimensionnement des sections des poutres en bois : sous l'effet des contraintes de surcharges et du vent, des pièces peuvent fléchir, entraînant la déformation du plancher et provoquant des efforts de cisaillement et de rotation aux appuis. Ces efforts détériorent le bois, à l'encastrement.
3. Un milieu humide et mal aéré favorise la croissance des champignons et des insectes, qui détruisent les poutres de bois dans le mur. Dans cette fiche, une solution est proposée pour traiter le problème de la pourriture du bois aux appuis, dans le cas où une série d'appuis sont abîmés.



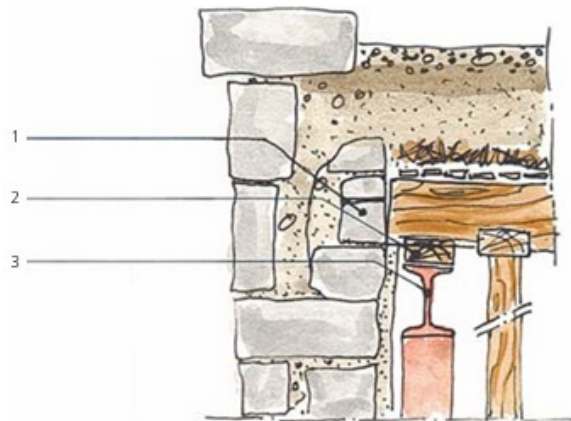
Description de la méthode d'entretien et/ou de réparation

Après un diagnostic des altérations de la couverture, nous préconisons de :

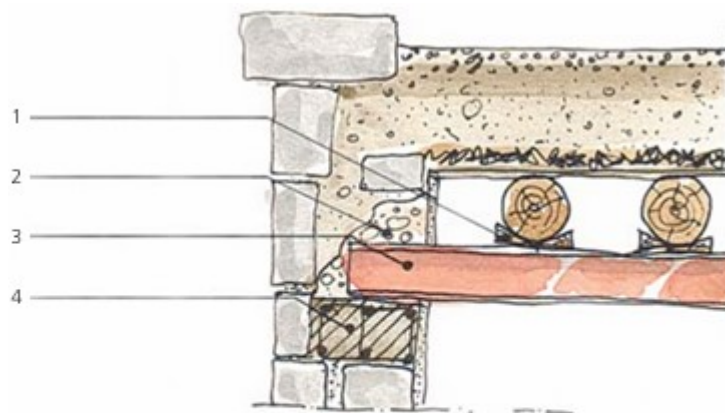
1. Avant toute intervention de restauration des poutres, il faut évacuer les eaux loin du bois et aérer l'espace où il se trouve, afin d'éliminer la cause de la croissance des micro-organismes qui contribuent à la détérioration du bois.
2. S'assurer auprès d'un expert de la bonne dimension de la section des poutres IPN et du poteau à positionner.
3. Etayer ensuite l'ensemble de la couverture.
4. Eliminer le bois détérioré jusqu'à arriver au bois sain.
5. Les poutrelles en bois qui sont détériorées dans la zone d'encastrement au niveau du mur perdent effectivement leurs appuis. Pour cela, une poutre métallique IPN peut remplacer cet appui en étant positionnée au-dessous des poutres, le long du mur.
6. Couler deux semelles de béton armé sous les deux extrémités de la poutre IPN à poser en renfort, dans le corps des murs refends perpendiculaires. Elles doivent être suffisamment dimensionnées pour répartir les charges dans la maçonnerie.
7. Encastrer la poutre dans les murs refends, en appui sur les semelles en béton armé préalablement coulées. Cette poutre sera peinte avec plusieurs couches de peinture antirouille.
8. Si la distance entre les appuis de la poutre IPN est grande, un poteau intermédiaire pourra être réalisé au milieu celle-ci. Une fondation sera réalisée au-dessous du poteau afin de distribuer la charge au sol.
9. Des pièces en bois seront calées entre la poutre métallique et les poutres en bois, favorisant la transmission des charges supportées par ces dernières vers la poutre métallique.
10. Déposer progressivement l'étalement de la couverture.



1. COUTEAU DE BOIS
2. DEGAGEMENT AUTOUR DU BOIS
3. ETAIEMENT DE LA COUVERTURE



1. BOUCHAGE DE LA CAVITE
2. CALES EN BOIS
3. POUTRE METALLIQUE IPN



1. CALES EN BOIS
2. ENCASTREMENT DE LA POUTRE METALLIQUE
3. POUTRE METALLIQUE IPN
4. CHAINAGE DE BETON ARME

ATTENTION ! A éviter...

Vérifier le calage des poutres en bois sur la poutre métallique avant de démonter l'étalement de la couverture.

E- Réparer un ‘riwaq’ (galerie)

Situation et description de l'élément constructif concerné

Chaque arcade constitue un système structurel permettant la transmission des charges du mur au-dessus des baies dans les jambages ou dans des colonnes. La construction des arcs permet d'augmenter la largeur d'ouverture. Un ‘riwaq’ est une galerie d'arcades, située en front de construction.

Description du problème rencontré et des causes de la pathologie

Des fissures se manifestent sur l'intrados des arcades ou au niveau des chapiteaux, au-dessus des colonnes qui portent les arcs. La direction et la grandeur de ces fissures montrent les différentes poussées que subit une arcade.

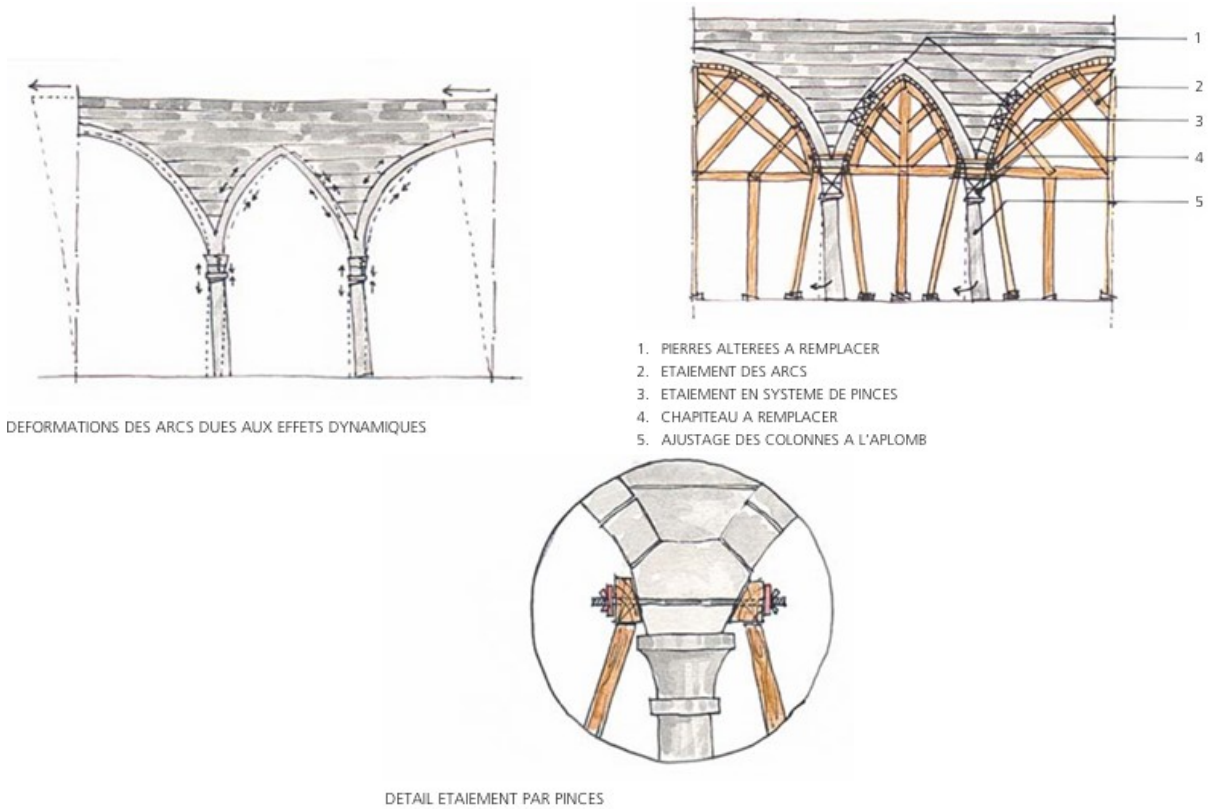
Au sein des pierres qui constituent l'arc, les efforts et les surcharges créent des zones de compression et d'autres de traction. Les zones de compression se manifestent par une cassure de la pierre ; dans les zones de traction, des ouvertures de fissures assez larges suivent les joints entre les pierres qui constituent l'arcade. L'observation permet ainsi de constater des déformations dans la courbure des arcs et dans l'aplomb des supports (colonnes, jambages, etc.).



Description de la méthode d'entretien et/ou de réparation

Après un diagnostic des altérations des arcs, il faut :

1. Etayer les arcades déformées.
2. Etayer la partie au-dessus du chapiteau brisé (s'il existe) par un système de pinces, qui transmet la charge du mur au-dessus de la colonne dans les quatre pieds du système d'étalement (madriers de sections suffisantes). Les pieds du système d'étalement peuvent être fixés entre eux pour les consolider, de préférence d'une colonne à une autre pour préserver l'accès direct aux ouvrages.
3. Déposer et remplacer successivement les pierres brisées de l'arcade.
4. Déposer le chapiteau altéré et le remplacer par un autre de nature de pierre et de qualité suffisamment résistantes pour supporter les charges des arcs.
5. Le mortier de pose sera un mortier de chaux hydraulique naturelle à dosage d'un volume de chaux pour deux volumes de sable fin et propre.
6. Assurer l'aplomb du mur, des jambages ou des colonnes d'appuis.
7. Rejointoyer et consolider par une injection de coulis de chaux hydraulique naturelle, les parties des arcades où le mortier ancien est écrasé ou lessivé par les infiltrations des eaux.
8. Rejointoyer l'arc, le chapiteau ainsi que tout l'ensemble du parement en pierre.
8. Réparer les joints dégradés sur murs en pierres.



ATTENTION ! A éviter...

Veiller au bon dimensionnement du système d'étalement, qui reprend les charges de l'ensemble de la façade.

F- Réparer les joints dégradés sur les murs en pierre

Situation et description de l'élément constructif concerné

Les murs de pierre sont les éléments structurels les plus fréquents dans les constructions anciennes. Constitués de lits de pierres taillées, de moellons équarris ou bruts, ils sont exceptionnellement liaisonnés au plomb dans le cas des appareillages en taille noble ou le plus souvent calés par un lit de mortier de chaux. Dans ce dernier cas, deux types de joints pourraient être identifiés : les joints « vifs », étroits (inférieurs à 5 mm) et peu profonds et les joints larges.

Description du problème rencontré et des causes de la pathologie

Les joints de mortier des murs de pierres sont vulnérables aux intempéries et notamment à l'eau. Leur exposition permanente provoque leur usure en profondeur, une désagrégation du mortier qui peut être accentuée par des mouvements liés à des problèmes structurels (bouffement, déversement, fissuration...), et /ou à la pousse de végétation.



Description de la méthode d'entretien et/ou de réparation

La méthode consiste à nettoyer puis remplir le vide des joints par un mortier de chaux. Après la phase de préparation (nettoyage et humidification des supports), il s'agit de distinguer les deux types de joints pour ce qui concerne la composition des mortiers et les outils d'application.

La préparation des supports :

1. Enlever les parties endommagées du mortier. Pour le nettoyage des joints vifs, on utilise de préférence un outil fin, de type lame, lame de scie. Pour dégager le mortier sur des joints plus larges, on peut aussi utiliser avec soin un ciseau ou un burin avec un marteau. Le joint obtenu doit avoir une profondeur et une surface d'accroche suffisantes pour assurer la bonne tenue du nouveau joint : environ 20 mm de profondeur pour les joints vifs, environ 50 mm pour les joints larges.
2. Nettoyer et dépoussiérer les joints (par exemple avec une brosse dure).
3. Arroser les joints avec de l'eau jusqu'à saturation, pour une meilleure prise du mortier.

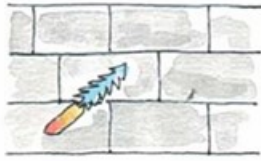
La fabrication des mortiers :

1. Pour les joints vifs, mélanger environ 1 volume de chaux blanche avec deux volumes de sable tamisé fin (0-2 mm).
2. Pour les joints larges, mélanger environ 1 volume de chaux blanche avec trois volumes de sable gros (entre 0-3 et 0-6 mm)
3. Ajouter l'eau pour obtenir une consistance facilitant l'application, plus liquide dans le cas des joints vifs, plus épaisse dans le cas de gros volumes de joints.

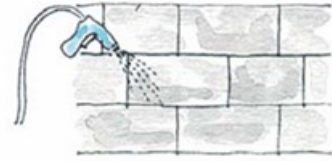
L'application des mortiers :

1. Dans le cas des joints larges, projeter le mortier à la truelle jusqu'à remplir les joints au nu du parement. Si le volume à remplir est trop important, il peut s'avérer utile de ficher des morceaux de pierre dans le joint afin de réduire le volume de mortier à utiliser. Toutefois, il faut faire attention à ce que les morceaux ne dépassent pas de la surface du mur.
2. Dans le cas des joints vifs, remplir les joints en utilisant une spatule en prenant soin de garnir le joint jusqu'au fond, sans laisser de vides.
3. Après une prise minimale du mortier, on peut, dans un souci esthétique contemporain, choisir de nettoyer les pierres par brossage à sec, puis avec une éponge humide rincée régulièrement.

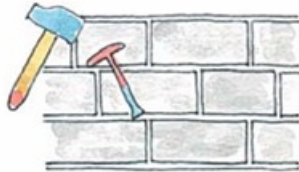
4. Une tendance à la mode consiste à dégager la pierre en creusant les joints, pour un résultat esthétiquement pauvre.



NETTOYAGE DES JOINTS VIFS



HUMIDIFICATION DU SUPPORT

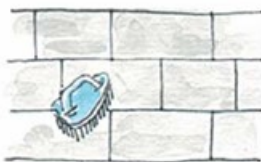


NETTOYAGE DES JOINTS LARGES



SPATULE

REJOINTOIEMENT DES JOINTS VIFS



NETTOYAGE PAR BROSSAGE A SEC



TRUELLE

REJOINTOIEMENT DES JOINTS LARGES

ATTENTION ! A éviter...

L'utilisation des mortiers au ciment ou à la chaux artificielle. Trop durs et insuffisamment poreux, ils sont sujets au décollement, et provoquent la dégradation de la pierre autour des joints. On peut faire le choix de détruire soigneusement les joints en ciment pour les remplacer avantageusement par des joints en mortier de chaux blanche.

IV.4 Mise en valeur architecturale, culturelle et touristique du fondouk

La réhabilitation du fondouk vise également à valoriser son aspect architectural, culturel et touristique pour lui redonner une fonction dynamique au cœur de la ville. La réhabilitation des façades, des arcades et des éléments ornementaux aide à valoriser l'apparence du bâtiment et à souligner ses caractéristiques architecturales et patrimoniales.

Suite à sa réhabilitation, le fondouk est en mesure d'accueillir diverses activités en accord avec sa valeur patrimoniale, comme un espace culturel, un centre d'artisanat, un lieu d'exposition ou un espace touristique visant à valoriser le patrimoine local. Cette réutilisation opérationnelle contribue à accroître l'attractivité culturelle et économique de la ville tout en garantissant la préservation durable du bâtiment.

La mise en valeur du fondouk aide également à sensibiliser à l'importance de protéger le patrimoine historique et à encourager les projets de réhabilitation des bâtiments anciens dans un cadre de développement durable.

IV.5 Conclusion

Le programme de réhabilitation suggéré représente donc une solution aux désordres identifiés. Les fiches d'intervention créées pour chaque sorte de dégradation vont permettre de détailler les techniques, matériaux et méthodes de traitement les plus adaptés, afin de consolider les différentes parties du Fondouk et essayer de conserver son authenticité tout en garantissant sa durabilité et sa réhabilitation fonctionnelle.

Ce travail met en évidence l'importance d'une méthode systématique pour la conservation du patrimoine bâti, reposant sur un diagnostic préalable, la compréhension des dégradations et le choix d'interventions en adéquation avec les caractéristiques historiques et constructives du monument.

Conclusion générale

Conclusion générale

Le patrimoine architectural constitue un témoignage matériel de l'histoire, de l'identité culturelle et du savoir-faire constructif des civilisations passées. Sa préservation représente aujourd'hui un enjeu majeur, non seulement pour la sauvegarde de la mémoire collective, mais également pour la transmission des valeurs historiques, architecturales et techniques aux générations futures. Dans cette perspective, ce mémoire a porté sur l'étude, le diagnostic et la proposition d'une stratégie de réhabilitation du Fondouk Benosman, édifice emblématique de la médina de Tlemcen présentant un intérêt patrimonial, architectural et urbain remarquable.

L'analyse historique et architecturale réalisée a permis de mettre en évidence l'importance du fondouk dans l'organisation économique et sociale de la médina ainsi que la richesse de ses caractéristiques constructives. Son système architectural, fondé sur l'utilisation de matériaux traditionnels tels que la pierre, la brique, le bois et la chaux, reflète les techniques constructives propres au patrimoine maghrébin et constitue un héritage bâti dont la conservation revêt une importance particulière.

L'étude de diagnostic menée sur l'édifice a permis d'identifier et de caractériser les principales pathologies affectant le bâtiment. Les investigations réalisées ont révélé la présence de fissurations au niveau des maçonneries porteuses, de dégradations des matériaux constitutifs, d'altérations des arcs, des phénomènes d'humidité, ainsi que d'un état de dégradation avancé des planchers en bois. L'analyse de ces désordres a mis en évidence l'influence combinée du vieillissement naturel des matériaux, des remontées capillaires, des infiltrations d'eau, des tassements différentiels du sol, des sollicitations structurelles et de l'absence d'entretien régulier. Ces facteurs ont progressivement affecté les performances mécaniques de l'ouvrage et ont contribué à l'apparition de vulnérabilités structurelles susceptibles de compromettre sa stabilité et sa pérennité.

À travers l'évaluation de l'état de conservation du fondouk, cette étude a démontré l'importance d'une démarche méthodique fondée sur le relevé pathologique, l'analyse des mécanismes de dégradation, l'analyse des caractéristiques physiques et mécaniques des matériaux de construction et l'établissement d'un diagnostic global avant toute intervention de restauration. Cette approche a permis d'orienter les choix de réhabilitation vers des solutions compatibles avec les caractéristiques constructives du bâtiment et respectueuses de son authenticité patrimoniale.

Conclusion générale

Les propositions de réhabilitation élaborées dans le cadre de ce travail visent à assurer la stabilisation des éléments fragilisés, la restauration des structures dégradées, la conservation des matériaux d'origine et l'amélioration des conditions de durabilité de l'édifice. L'objectif recherché ne se limite pas à la réparation des désordres existants, mais s'inscrit dans une vision globale de conservation intégrée permettant d'assurer la sauvegarde du patrimoine tout en favorisant sa valorisation et sa réutilisation dans le contexte urbain contemporain.

Par ailleurs, cette étude met en évidence la nécessité d'intégrer davantage les problématiques de conservation du patrimoine dans les stratégies de développement urbain durable. La réhabilitation des édifices historiques ne constitue pas uniquement une opération technique, mais également un levier de valorisation culturelle, sociale et économique contribuant à la préservation de l'identité des centres historiques et à leur transmission aux générations futures.

Enfin, ce travail a permis d'approfondir les connaissances relatives à la pathologie des constructions anciennes, aux techniques de restauration et aux principes de conservation du patrimoine bâti. Il souligne également l'intérêt d'associer les approches traditionnelles aux outils et technologies contemporains afin d'améliorer la qualité des interventions et de garantir une gestion durable des édifices patrimoniaux.

La réhabilitation du Fondouk Benosman ne constitue pas uniquement une opération de restauration architecturale, mais une véritable démarche de sauvegarde patrimoniale visant à préserver un héritage historique, culturel et constructif d'une valeur exceptionnelle. La conservation de cet édifice représente un engagement envers la mémoire de la médina de Tlemcen et participe à la transmission d'un patrimoine authentique aux générations futures. Cette étude confirme ainsi que la connaissance, le diagnostic et la réhabilitation raisonnée des bâtiments historiques constituent des outils essentiels pour assurer la pérennité du patrimoine architectural dans une perspective de développement durable et de valorisation culturelle.

Références Bibliographiques

Références bibliographiques

1. MARÇAIS, Georges. *Les villes d'art célèbres : Tlemcen*. Paris : Henri Laurens, 1950.
2. GOLVIN, Lucien. *Le Maghreb central à l'époque des Zianides*. Paris : Arts et Métiers Graphiques, 1957.
3. UNESCO. *Recommandation concernant la sauvegarde des ensembles historiques*. Paris : UNESCO, 1976.
4. CHEVALLIER, Raymond. *Les voies romaines*. Paris : Armand Colin, 1997.
5. LE BOHEC, Yann. *L'Empire romain*. Paris : Presses Universitaires de France, 2014.
6. CASSON, Lionel. *Travel in the Ancient World*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1994.
7. REVAULT, Jacques. *Palais et demeures de Tunis*. Paris : CNRS Éditions, 1967.
8. LAPIDUS, Ira M. *A History of Islamic Societies*. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.
9. ABUN-NASR, Jamil M. *A History of the Maghrib in the Islamic Period*. Cambridge: Cambridge University Press, 1987.
10. PETERSEN, Andrew. *Dictionary of Islamic Architecture*. Londres : Routledge, 1996.
11. BENYOUCEF, Brahim. *L'architecture traditionnelle dans les médinas du Maghreb*. Alger : ENAG Éditions, 2008.
12. BLOOM, Jonathan; BLAIR, Sheila. *Islamic Arts*. Londres : Phaidon Press, 1997.
13. BEL, Alfred. *Tlemcen et son histoire*. Alger : Imprimerie officielle du Gouvernement général de l'Algérie, 1908.
14. BRUNSCHVIG, Robert. *La Berbérie orientale sous les Hafsides*. Paris : Adrien Maisonneuve, 1940.
15. RAYMOND, André. *Artisans et commerçants au Caire au XVIIIe siècle*. Damas : Institut Français de Damas, 1973.
16. BOURAS, Fodil. *Patrimoine architectural algérien : histoire et conservation*. Alger : Casbah Éditions, 2011.
17. BENMANSOUR, Abdelkrim. *Tlemcen, histoire d'une capitale maghrébine*. Tlemcen : Éditions El Wissam, 2012.
18. OUSSADITE Imene. Magister en architecture. Impact de la réhabilitation et la rénovation des fondouks sur le devenir médinas -cas de la médina de Tlemcen-
19. REHABIMED, *méthode RehabiMed : Architecture traditionnelle méditerranéenne. Méthode de réhabilitation*, Barcelone, RehabiMed, 2007, p. 35.
20. REHABIMED. *Méthode RehabiMed. Architecture traditionnelle méditerranéenne. I. Réhabilitation ville et territoire*. Barcelone : RehabiMed – CAATEEB, 2007.

Références bibliographiques

21. REHABIMED. *Méthode RehabiMed. Architecture traditionnelle méditerranéenne. II. Réhabilitation bâtiments*. Barcelone : RehabiMed – CAATEEB, 2007.

Communications personnelles

ZAOUI Kosay. Histoire de tlemcen. Periode de la construction du fondouk

Sources archivistiques et institutionnelles

UNESCO. *Convention concernant la protection du patrimoine mondial, culturel et naturel*. Paris : UNESCO, 1972.

UNESCO. *Recommandation concernant la sauvegarde des ensembles historiques et traditionnels et leur rôle dans la vie contemporaine*. Paris : UNESCO, 1976.

Sources de terrain

Relevés architecturaux réalisés par l’auteure, Tlemcen, 2025-2026.

Campagne photographique réalisée par l’auteure, Fondouk Benosman, 2025-2026.

Observations et enquêtes de terrain effectuées dans la médina de Tlemcen, 2025-2026.

Annexes

المركز الوطني للدراسات
والأبحاث المتكاملة للبناء

Souidania le :/...../.....

NATURE DES ESSAIS : ESSAIS EXPERIMENTAUX SUR LA BASE DES NORMES EN VIGUEUR

$$\frac{w - md}{md} \times 100$$
[illegible]

2. CARACTERISTIQUES MECANQUES

A cet effet, la résistance à la compression f_m est donnée par la relation suivante :

$$f_m = \frac{F}{S}$$

S : surface brute en mm².

Les résultats de résistance à la compression de chaque brique sont mentionnés dans le tableau 3.

Suite à la demande des étudiantes stagiaires de Département Génie Civil, de l'Université de Tiemcen (M^{lle} Ghizlène DJELLAS et M^{lle} Chahinez BABA-AHMED), le Centre National d'Études et de Recherches Intégrées du Bâtiment (CNERIB), a procédé à des essais expérimentaux sur une pierre de terre cuite pour maçonnerie.

Le présent rapport a pour objet de déterminer les caractéristiques dimensionnelles, l'absorption d'eau et la résistance mécanique. Et ce conformément aux spécifications des normes en vigueur suivantes :

- NF EN 772-16 : Méthodes d'essai des éléments de maçonnerie - Partie 16 : détermination des dimensions ;
- NF EN 771-1+A1 : Spécifications pour éléments de maçonnerie - Partie 1 : briques de terre cuite ;
- NF EN 772-1+A1 : Méthodes d'essai des éléments de maçonnerie - Partie 1 : détermination de la résistance à la compression.

La détermination des dimensions se fait selon la norme NF EN 772-16 où chaque dimension est déterminée en effectuant deux mesures sur l'échantillon. Les mesures sont réalisées d'une part, sur une face de la brique plats entre arêtes et d'autre part, au milieu de la brique. La dimension correspond à la moyenne des deux mesures.

Les dimensions (longueur, largeur et hauteur) des briques plats ont été mesurées à l'aide d'un pied à coulisse à affichage digital. Les briques testées présentent les dimensions récapitulées dans le tableau 1.

Numéro de la Brique	Longueur (cm)	Hauteur (cm)	Largeur (cm)
1	237.46	120.38	57.28
2	166.92	119.58	55.58

La détermination des absorptions d'eau se fait selon la norme NF EN 771-1+A1 (ANNEXE C)

Elles doivent être séchées au four à une température de $105 \pm 5^\circ\text{C}$ à masse constante.

Elles doivent être séchées au four à une température de $105 \pm 5^\circ\text{C}$ à masse constante. Peser les éprouvettes, puis enregistrer leur masse sèche, *md*. La masse constante est considérée comme atteinte si, au cours du processus de séchage effectué lors de pesées ultérieures espacées de 24 h minimum, la perte de masse entre les deux déterminations est inférieure à 0,2 % de la masse totale. Laisser les éprouvettes refroidir à température ambiante avant de les peser.

Chaque brique est placée dans une cuve d'eau à température ambiante. Toutes les faces de la brique doivent être au contact de l'eau. Pour ce faire, disposer les briques sur de petites palettes faisant office de cales d'espacement.

Laisser les briques en immersion pendant 24 h. Sortir les briques de la cuve, puis éponger de leur surface tout excédent d'eau à l'aide d'un linge humide ou d'une éponge. Peser les prélèvements, puis enregistrer leur masse humide, mw.

Calculer l'absorption d'eau wm de chaque brique à 1 % près.

Calculer l'absorption d'eau moyenne à 1 % près.

Numéro de la Brique	Forme de l'éprouvette	Dimensions			Masse (Kg)	Masse volumique (Kg/m³)	Charge de rupture (kN)	Résistance à la compression (N/mm²)
		d (mm)	d (mm)	d (mm)				
1	Cubique	55.19	56.77	55.12	295.78	1.7127	78.20	24.96
2		54.67	54.74	52.54	271.52	1.7269	52.40	17.51
3		55.32	53.82	54.18	295.26	1.8304	56.70	19.04
4		54.51	54.49	52.36	294.54	1.8939	81.80	27.54
5		55.74	54.55	54.95	273.11	1.6346	64.20	21.11
6		53.65	55.88	52.85	275.32	1.7377	56.70	18.91
		Moyenne						21.51

الجمهورية العربية السورية
المركز القومي
للدراسات والأبحاث
المتكاملة في السياسة
العاصرة والتقليدية
للحزب والقيادة
والصحة والعنفوان والديمقراطية