



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



## **Université Amar Telidji- Laghouat**

FACULTÉ : Génie civil et Architecture FGCA

DÉPARTEMENT : Génie civil

### **MÉMOIRE DE MASTER**

Présenté par : CHOUAIB FATNA & AYACHI SOUHILA

DOMAINE : Sciences et Technologies

FILIÈRE : Génie Civil

OPTION : Structures

### **Thème**

***Restauration du patrimoine bâti. Etude de cas  
d'une ancienne maison Située à El Gharbia à  
Laghouat***

#### **Jury de soutenance :**

| Nom et Prénom   | Grade      | qualité   |
|-----------------|------------|-----------|
| Mr L. Azzouz    | Professeur | Président |
| Mr M.F Lakhdari | M.A.A      | Examineur |
| Mme Z. Damene   | M.C.B      | Encadreur |

Année Universitaire : 2018/2019

## شكر وتقدير

إن الحمد لله نحمده ونشكره شكر المعترف بممنه وآلئه، وعلى نعمة العلم التي وهبنا إياها

وعلى توفيقه لنا لإنجاز هذا العمل المتواضع والذي نرجوه أن يكون خالصاً لوجه الكريم ويسعد اللسان بالإشادة بمن رسم الطريق لهذا البحث ونصلي ونسلم على صفوة أنبيائه وعلى آله وصحبه وأوليائه

نتقدم بالشكر الكبير بحمد الله الأستاذة الفاضلة التي تشرفنا بقبولها الإشراف على هذا العمل وعلى مساعدتها لنا وصبرها معنا وإسدادها النصح والتوجيه

الأستاذة: ضامن زينب

كما لا يفوتنا أن نتوجه بالتحية والشكر إلى لجنة المناقشة : على رأسهم رئيس اللجنة : الأستاذ عزوز لخضر و الأستاذ الممتحن لخداري محمد الفاتح

و إلى كافة أساتذة كلية الهندسة المدنية لجامعة الأغواط، ونخص بالذكر كل أساتذتنا المحترمين الذين تلقينا منهم مبادئ البحث العلمي، عبر كل مشوارنا الدراسي الجامعي.

كما نشكر كل من ساعدنا في إنجاز هذا البحث من قريب أو بعيد ولو بكلمة طيبة أو إبتسامة صادقة

دون أن ننسى شكرنا للأساتذة أعضاء لجنة المناقشة

والحمد لله من قبل ومن بعد

# إهداء

إلى كل من نطق بكلمة التوحيد لسانه وصدقها قلبه، إلى كل من صلى على خير البرية محمد عليه الصلاة والسلام.

إلى أعظم امرأة بين نساء الكون أُمِّي الغالية التي حملتني وهنا على وهن وسقنتني لبن التوحيد مع الأخلاق وعلمتني ورافقتني بدعائها.

إلى أبي الفاضل الشامخ المكارم والراسخ الفضائل، الحريص علي، قدوتي في الحياة، سندي المتين و أنيسي المعين.

إلى إخوتي وأخواتي : صبرينة، عفاف، محمد الغالي وسندي و إلى كل الأهل والأحباب و إلى كل الزملاء والزميلات.

إلى رفيقة الدرب التي شاركتني أجمل الأيام و أحلى السنين الحبيبة : سهيلة ☺  
إلى من قاسمني جهد هذا العمل : المهندس طبراخ أحمد، الأستاذ شتيح عز الدين.

إلى الساهرين على حمل مشعل النور ليضيئوا للأجيال طريق  
التقدم والرقى، أساتذتي الكرام ..

إلى كل من جمعتني بهم أو اصر الأخوة والصداقة : طلبة جامعة عمار ثلجي،

دفعة 2018/2019

إلى من أحببناهم بإخلاص وبادلونا نفس الشعور.

إلى كل من عرفني.

إلى كل هاؤلاء أهدي ثمرة جهدي.

فاطنة



# اهداء

## بسم الله الرحمن الرحيم

والصلاة والسلام على أشرف المرسلين سيدنا محمد عليه أفضل الصلاة وأزكى التسليم

أهدي ثمرة عملي هذا:

الى من أنار دربي للحياة لأراها مشرقة في عياني وتعبا في تربيتي واسعادي

الى من ساندني في هذه المرحلة وكانوا قوتي في أوقات ضعفي

الى أمي وأبي حفظهما الله أجمل ما تنطق شفقتي

الى منبع العطف والحنان جدي وجدتي أ طال الله في عمرهما

الى خير ما أهدتني الحياة اخوتي: أبوبكر ومحمد وخلود وحبيبة قلبي الصغيرة هديل نور الايمان

والعمة الغالية بشرى وأطيب خال إسماعيل

الى من أنجزت معها ثمرة سنيني وثابرت معها بكل خطاي رافقتني درب حياتي

وسرت معها أجمل خطاي وعشت معها أجمل ذكرياتي صديقتي فاطنة

الى كل أخوالي خالاتي أعمامي وعماتي كل واحد باسمه

الى أصدقائي وأحابي الذين دخلوا حياتي والى كل من ترك بصمة فيها

الى من عرفتني بهم الحياة صدفة وكانوا أقرب الناس لي

الى من علمني حرف السين لأخط به أول حرف لاسمي بيدي

الى كافة أساتذة وطلبة قسم الهندسة المدنية خاصة دفعة 2019

الى كل من لم يبخل علينا بعلمه وكان كريما في عطائه خاصة

المهندس طبراخ أحمد والاستاذ شتيح عزيز

لكل حبيب بعيد كان أو قريب كل من وسعه قلبي ولم يسعه قلبي

أهديه هذا العمل

# سهيلة





## ملخص:

لتعزيز التراث المعماري المهمة والحفاظ عليه. اخترنا ترميم وإعادة تطوير منزل بوزياني خديجة في حي الغربية بوسط مدينة الأغواط. في عملية ترميم منزل بوزياني، سنحاول إعادة بناء جميع الأجزاء المتدهورة ومعالجة التشققات باستخدام الطرق والتقنيات المناسبة للقيام بالعمل بشكل جيد، وكذلك استخدام المواد المحلية مثل الأحجار، الطوب والجير. لهذا الغرض، أجرينا دراسة نظرية تحتوي على مفاهيم تتعلق بالموضوع الذي عولج والمشكلة المطروحة، بالإضافة إلى الأهداف المتوخاة، وصف لمقاطعة الغربية وبيت بوزياني مصحوبة بتحليل محدد للمشكلة التي تحدد عوامل التدهور والتشوه. المرحلة الأخيرة من العمل هي ترميم المنزل من خلال العديد من العمليات ومعالجة الأضرار عن طريق الحلول المناسبة. مثل معالجة التشققات ومشكل تسريب مياه الاسطح.

**الكلمات المفتاحية:** التشخيص، منزل بوزياني، ترميم، استعادة، علم الأمر/ض

### **Abstract:**

For the enhancement of the neglected architectural heritage and its conservation. We opted for the restoration and redevelopment of the Bouziani Khadija house in the Al Gharbia neighborhood in downtown Laghouat.

In the process of restoring the Bouziani house, we will try to reconstruct all the degraded parts and to remedy the cracks by using the appropriate methods and techniques to do the work well, as well as the use of local materials such as stones, bricks and lime. For this purpose we carried out a theoretical study containing concepts related to the subject treated and the problematic posed, as well as the objectives envisaged, a description of the district of elgharbia and the Bouziani house accompanied by a determining analysis of the problem which determines the factors of degradation and deformation. The last stage of the work is the restoration of the house through several processes and the treatment of damages by adequate solutions. Like the treatment of cracks and the problem of waterproofing of the floors.

**Keywords:** Diagnosis, House **Bouziani**, pathology, restoration, renovation.



### Résumé :

Pour la mise en valeur du patrimoine architectural délaissé et sa conservation. Nous avons opté à la restauration et le réaménagement de la maison **Bouzi**ani **Khadija** dans le quartier d'El Gharbia, au centre-ville de Laghouat.

Dans le processus de restauration de la maison de **Bouzi**ani, nous tenterons de reconstruire toutes les parties dégradées et de remédier aux fissures en utilisant les méthodes et techniques appropriées pour bien effectuer les travaux, ainsi que l'utilisation de matériaux locaux comme des pierres, des briques et de la chaux. Pour ce fait nous avons effectué une étude théorique contenant des concepts liés au sujet traité et à la problématique posée, ainsi que les objectifs envisagés, une description du quartier d'el Gharbia et de la maison **Bouzi**ani accompagnée d'une analyse déterminante du problème qui détermine les facteurs de dégradation et de déformation. La dernière étape des travaux est la restauration de la maison à travers plusieurs processus et le traitement des dommages par des solutions adéquates .comme le traitement des fissures et le problème d'étanchéité des planchers.

**Mots clés :** Diagnostic, maison **Bouzi**ani, pathologie, restauration, rénovation.

## Table de matières

### Liste des figures

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| Introduction générale ..... | 1 |
|-----------------------------|---|

### Chapitre I : Généralités sur l'ancien bâti

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| I-1/ Définition de l'ancien bâti .....                           | 3  |
| I-2/ Matériaux de construction utilisés dans l'ancien bâti ..... | 3  |
| I-2-1/ La terre .....                                            | 4  |
| I-2-2/ La paille .....                                           | 5  |
| I-2-3/ Le roseau .....                                           | 5  |
| I-2-4/ Le Bois .....                                             | 6  |
| I-2-5/ Le Bois de palmier .....                                  | 7  |
| I-2-6/ L'argile .....                                            | 8  |
| I-2-7/ Le calcaire .....                                         | 8  |
| I-2-8/ La chaux .....                                            | 9  |
| I-3/ Les Techniques des constructions .....                      | 10 |
| I-3-1/ Les Fondations .....                                      | 10 |
| I-3-2/ Les murs .....                                            | 11 |
| I-3-3/ Les dalles .....                                          | 12 |
| I-3-4/ Le poteau .....                                           | 12 |
| I-3-5/ Les Planchers .....                                       | 13 |
| I-3-6/ Les toits .....                                           | 13 |
| I-3-7/ La colonne .....                                          | 14 |
| I-3-8/ Les ouvertures .....                                      | 14 |
| I-3-9/ Les Revêtements de finition .....                         | 14 |
| I-4/ Définition de Réhabilitation .....                          | 15 |
| I-4-1 / Les formes de la réhabilitation .....                    | 15 |
| I-4-1-1/ La réhabilitation subjective .....                      | 15 |

---

|                                                         |    |
|---------------------------------------------------------|----|
| I-4-1-2/La réhabilitation objective .....               | 15 |
| I-4-2 / Les type de réhabilitations .....               | 15 |
| A. La réhabilitation légère .....                       | 15 |
| B. La réhabilitation moyenne .....                      | 15 |
| C. La réhabilitation lourde .....                       | 16 |
| D. La réhabilitation exceptionnelle .....               | 16 |
| E. La démarche de la réhabilitation .....               | 16 |
| F. Problématique de la réhabilitation .....             | 16 |
| I-5/ Définition de Restauration .....                   | 16 |
| I-5-1 / Les Principes de la restauration .....          | 16 |
| I-5-2/ Les buts de la restauration .....                | 17 |
| I-5-3/ Principes de la restauration architectural ..... | 17 |
| I-6 / Définition de Rénovation .....                    | 18 |

## **Chapitre II : Pathologies de L'ancien bâti et Méthode de diagnostic**

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| II-1/ Les pathologies de l'ancien bâti .....                                          | 19 |
| II-2/ Causes des pathologies dans l'ancien bâti .....                                 | 21 |
| II-2-1/ L'humidité .....                                                              | 21 |
| II-2-2/ Pathologie due à une trop forte compression sur une large partie du mur ..... | 22 |
| II-2-3/ Désordres dues à des charges ponctuelles.....                                 | 23 |
| II-2-4/ Pathologie due à des manques de rigidité des éléments collaborant .....       | 24 |
| II-2-5/ Pathologie due à des différences de charges entre les murs transversaux ..... | 25 |
| II-2-6/ Pathologie due aux mouvements différentiels des fondations.....               | 26 |
| II-2-7/ Écrasements et bombements des façades .....                                   | 27 |
| II-2-8/ Pathologie des voûtes et des coupoles.....                                    | 28 |
| II-2-9/ Les attaques biotiques .....                                                  | 29 |
| II-3/Les objectifs d'un Diagnostic.....                                               | 30 |
| II-4/Méthode de diagnostic .....                                                      | 30 |
| II-4-1/Pré-diagnostic .....                                                           | 31 |
| II-4-1-1/L'étude d'ingénierie de pré-diagnostic.....                                  | 32 |
| II-4-1-2/ Le rapport d'ingénierie de pré-diagnostic .....                             | 33 |

---



|                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------|----|
| II-4-1-3/Matériel d'appui à l'étape de pré-diagnostic ..... | 33 |
|-------------------------------------------------------------|----|

### **Chapitre III : Diagnostic des pathologies d'El Gharbia « Etude du cas de la maison BOUZIANI KHADIJA »**

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| III-1/Introductions .....                                                          | 34 |
| III -2/ Etat des lieux d'El Gharbia.....                                           | 34 |
| III-3/ Etude des cas pathologique de la Maison Bouziani Khadija à El Gharbia ..... | 37 |
| III-3-1/ Site de la maison .....                                                   | 37 |
| III-3-2/ Présentation du bâti dégradé .....                                        | 38 |
| III-3-3/ Désordres constatés .....                                                 | 38 |
| III-3-4/ Etape pour élaborer le Diagnostic .....                                   | 39 |
| III-3-4-1/Relevé métrique .....                                                    | 40 |
| III-3-4-2/Relevé pathologique.....                                                 | 43 |
| 1. Murs.....                                                                       | 43 |
| 2. Façades .....                                                                   | 45 |
| 3. Des planchers .....                                                             | 46 |
| 4. Terrasse.....                                                                   | 46 |
| III-3-5/ Analyses des causes (origine des désordres) .....                         | 47 |
| III-3-5-1/ Les fissurations .....                                                  | 47 |
| III-3-5-2/ Problème d'humidité.....                                                | 49 |
| III-3-5-3/ vieillissement du matériau .....                                        | 49 |
| III-3-5-4/ Flexion des planchers .....                                             | 50 |
| III-3-6/ Solutions et Techniques de restauration.....                              | 51 |
| III-3-6-1/ Nettoyage .....                                                         | 51 |
| III-3-6-2/ Réparation des fissures sur les murs.....                               | 51 |
| III-3-6-3/ Traitement des sols par injection .....                                 | 53 |
| III-3-6-4/ Les planchers .....                                                     | 54 |
| III-3-6-5/ Réparation des fissures sur les murs.....                               | 55 |
| III-3-6-6/ Les travaux de maçonnerie traditionnelle .....                          | 58 |

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| III-3-6-7/ Réfection des murs endommagés.....                             | 58 |
| III-3-6-8/ Changement des canalisations des eaux de pluie .....           | 59 |
| III-3-6-9/ Traitement des façades .....                                   | 59 |
| III-3-6-10/ Réparation des appuis des nervures .....                      | 60 |
| III-3-6-11/ Reconstructions des murs .....                                | 60 |
| III-3-6-12/ Maintien des poutres en bois .....                            | 61 |
| III-3-6-13/ Ravalement des façades.....                                   | 62 |
| III-4/ Travaux d'urgence .....                                            | 63 |
| III-5/ Enduit proposé pour les façades.....                               | 65 |
| III-6/ Menuiseries proposée.....                                          | 65 |
| III-7/ Fiche technique du rapport de diagnostic « Maison Bouziani » ..... | 65 |
| <b>Conclusion Générale</b> .....                                          | 66 |
| <b>Références bibliographiques</b>                                        |    |

## Liste des figures

### Chapitre I : Généralités sur l'ancien bâti

|                                                                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figure I.1</b> : Production des matériaux.....                                                                | 4  |
| <b>Figure I.2</b> : Les Brique de Terre crue 35/14/7 cm .....                                                    | 4  |
| <b>Figure I.3</b> : Construire en paille .....                                                                   | 5  |
| <b>Figure I.4</b> : Toiture en roseau .....                                                                      | 6  |
| <b>Figure I.5</b> : Poutre ancien de bois .....                                                                  | 7  |
| <b>Figure I.6</b> : Palmier .....                                                                                | 7  |
| <b>Figure I.7</b> : L'argile .....                                                                               | 8  |
| <b>Figure I.8</b> : Roche de calcaire .....                                                                      | 9  |
| <b>Figure I.9</b> : La chaux .....                                                                               | 9  |
| <b>Figure I.10</b> : Processus schématique de fabrication des fondations .....                                   | 10 |
| <b>Figure I.11</b> : Processus schématique de fabrication du mur .....                                           | 11 |
| <b>Figure I.12</b> : Vue dessus sur la dalle .....                                                               | 12 |
| <b>Figure I.13</b> : Le poteau dans la maison traditionnelle .....                                               | 12 |
| <b>Figure I.14</b> : Exemple d'un plancher .....                                                                 | 13 |
| <b>Figure I.15</b> : Les toits ( <i>Ayn-ad-dâr</i> (« œil de la maison » à Taghit (2003) .....                   | 13 |
| <b>Figure I.16</b> : Exemple Kasbah of Alger .....                                                               | 14 |
| <b>Figure I.17</b> : Projet réhabilitation et restauration des vieux ksour et mosquées antiques à Laghouat. .... | 17 |

### Chapitre II : Pathologies de L'ancien bâti et Méthode de diagnostic

|                                                  |    |
|--------------------------------------------------|----|
| <b>Figure II.1</b> : Effondrement .....          | 19 |
| <b>Figure II.2</b> : Fissure .....               | 19 |
| <b>Figure II.3</b> : Décollement d'enduits ..... | 20 |
| <b>Figure II.4</b> : Microfissures.....          | 20 |

## Liste des figures

---

|                                                                                   |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Figure II.5 : Humidité Sur Mur .....</b>                                       | <b>21</b> |
| <b>Figure II.6 : Fissure des Murs .....</b>                                       | <b>22</b> |
| <b>Figure II.7 : Désordres dues à des charges ponctuelles .....</b>               | <b>23</b> |
| <b>Figure II.8 : Des manques de rigidité des éléments collaborant .....</b>       | <b>24</b> |
| <b>Figure II.9 : Des différences de charges entre les murs transversaux .....</b> | <b>25</b> |
| <b>Figure II.10 : Mouvements différentiels des fondations .....</b>               | <b>26</b> |
| <b>Figure II.11 : Écrasements et bombements des façades .....</b>                 | <b>27</b> |
| <b>Figure II.12 : Des coupoles .....</b>                                          | <b>28</b> |
| <b>Figure II.13 : Les attaques biotiques .....</b>                                | <b>29</b> |

## **Chapitre III : Diagnostic des pathologies d'El Gharbia « Etude du cas de la maison BOUZIANI KHADIJA »**

|                                                                                                      |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Figure III.1. Fissure façade .....</b>                                                            | <b>35</b> |
| <b>Figure III.2. Fissure profonde .....</b>                                                          | <b>35</b> |
| <b>Figure III.3. Décèlement des murs intérieur et extérieure et dégradation d'enduit .....</b>       | <b>36</b> |
| <b>Figure III.4. Fissure sur le plancher terrasse .....</b>                                          | <b>36</b> |
| <b>Figure III.5. Situation de la maison Bouziani D'El Gharbia. Internet Source: Google earthe ..</b> | <b>37</b> |
| <b>Figure III.6. Plan de situation de la maison .....</b>                                            | <b>37</b> |
| <b>Figure III.7. La photo montre le devant de façade la maison .....</b>                             | <b>38</b> |
| <b>Figure III.8. Fissure superficielle.....</b>                                                      | <b>39</b> |
| <b>Figure III.9. Fissure profonde .....</b>                                                          | <b>40</b> |
| <b>Figure III.10. Fissuration des escaliers .....</b>                                                | <b>40</b> |
| <b>Figure III.11. Dégradation des enduits et revêtements .....</b>                                   | <b>40</b> |
| <b>Figure III.12. Plan premier d'étage .....</b>                                                     | <b>42</b> |
| <b>Figure III.13. Plan de terrasse.....</b>                                                          | <b>43</b> |
| <b>Figure III.14. Pathologie sur les murs.....</b>                                                   | <b>45</b> |
| <b>Figure III.15. Pathologie sur les façades .....</b>                                               | <b>46</b> |
| <b>Figure III.16. Pathologie sur les planchers .....</b>                                             | <b>47</b> |

---



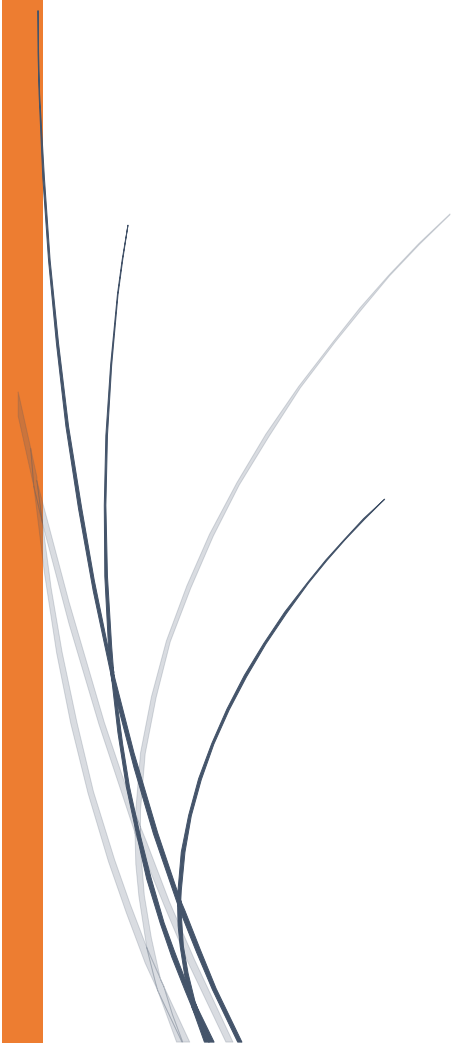
## Liste des figures

---

|                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figure III.17.</b> Pathologie sur le Terrasse.....                                         | 48 |
| <b>Figure III.18.</b> Fissure profond .....                                                   | 49 |
| <b>Figure III.19.</b> Fissure verticale .....                                                 | 49 |
| <b>Figure III.20.</b> Des fissures superficielles au niveau du plancher et murs porteurs..... | 49 |
| <b>Figure III.21.</b> Fissure profonde réparée .....                                          | 49 |
| <b>Figure III.22.</b> Présence de l’humidité .....                                            | 50 |
| <b>Figure III.23.</b> Vieillessement de matériau .....                                        | 51 |
| <b>Figure III.24.</b> Flexion du plancher.....                                                | 51 |
| <b>Figure III.25.</b> Première phase d’intervention de reprise de sous œuvre .....            | 53 |
| <b>Figure III.26.</b> Deuxième phase d’intervention de reprise de sous œuvre. ....            | 54 |
| <b>Figure III.27.</b> Plancher traditionnel .....                                             | 55 |
| <b>Figure III.28.</b> Coupe sur faux acrotère.....                                            | 56 |
| <b>Figure III.29.1</b> Traitement d’une fissure superficielle.....                            | 57 |
| <b>Figure III.29.2.</b> Technique des agrafes .....                                           | 58 |
| <b>Figure III.30.</b> Réfection fissure profonde d’angle .....                                | 58 |
| <b>Figure III.31.</b> Réparation des murs démolis .....                                       | 59 |
| <b>Figure III.32.</b> Réparation des éléments décoratifs.....                                 | 60 |
| <b>Figure III.33.</b> Etapes de réparations au niveau des appuis des planchers. ....          | 61 |
| <b>Figure III.34.</b> Méthode de réparation partielle d’un mur en brique de terre crue.....   | 62 |
| <b>Figure III.35.</b> Maintien des poutres en bois par autres en acier .....                  | 63 |
| <b>Figure III.36.</b> Les étapes de ravalement .....                                          | 64 |
| <b>Figure III.37</b> Le soutènement d’une partie du mur dans les deux cotées .....            | 65 |
| <b>Figure III.38</b> Le soutènement d’une partie du mur dans une seule cotée .....            | 65 |

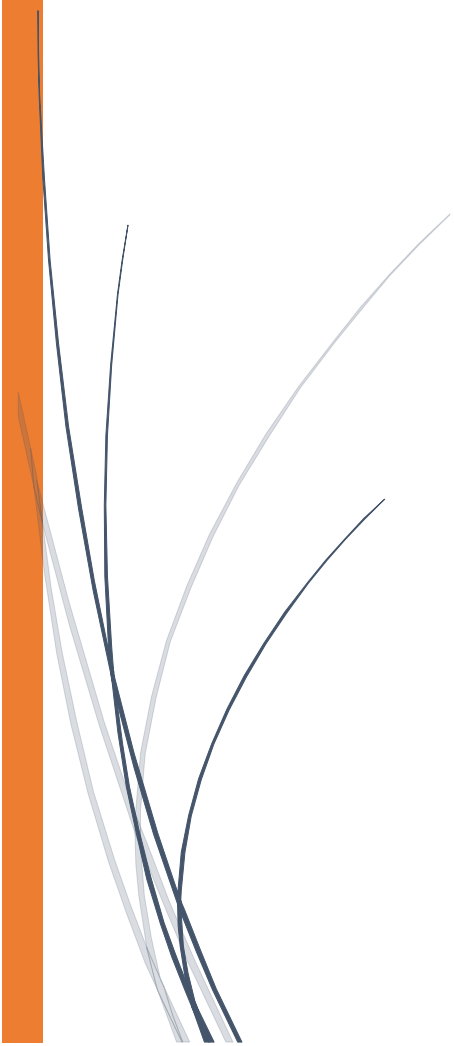


# *Introduction*





# *Conclusion Générale*





*Chapitre I :*  
*Généralités sur l'ancien*  
*bâti*





*Chapitre II :  
Pathologies de  
L'ancien bâti et  
Méthode de diagnostic*







*Chapitre III :*  
*Diagnostic des*  
*pathologies d'El Gharbia*  
*« Etude du cas de la*  
*maison BOUZIANI*  
*KHADIJA »*





*Références*  
*Bibliographiques*





## **Introduction Générale**

Le quartier d'El Gharbia présente aujourd'hui un état de dégradation avancé dont la cause est multiple à savoir l'indifférence, la négligence, le manque d'entretien, des transformations incontrôlées (illicites)...etc. Les différentes opérations de la restauration menées jusqu'à présent restent très limitées vu l'absence de spécialistes dans le domaine et d'outils permettant de bien mener ces opérations comme le plan d'action efficace.

Mener à bien, la restauration d'une maison ancienne, quel qu'il soit, dans le respect de son histoire, est pour nous un réel défi. Chaque maison est unique, et pour préserver son histoire, il faut connaître les caractéristiques de ce bien, les matériaux utilisés pour son édification et les différents styles architecturaux existants.

Notre projet de fin d'étude a pour but de traiter la restauration d'une maison traditionnelle située au centre-ville de Laghouat, Composée de (R+1), bâtie en 1948, appartenant à la famille Bouziani Khadija. Cette maison a subi d'importantes dégradations internes et externes due à l'âge et au manque d'entretien. C'est pour cette raison que cette étude nous a été proposée pour mettre en application la théorie acquise et de procéder à la recherche des causes des dégradations ensuite proposer des solutions nécessaires pour remettre la maison à son état initial.

L'objectif de notre travail est d'essayer de mener une démarche d'un diagnostic et la suggestion d'intervention sur le corps d'édifices menacés de disparition et exposés à différents actes de destruction et de vandalisme. Pour cela le pré-diagnostic est très important afin de mieux connaître les phénomènes qui agissent sur le bâtiment. C'est le point de départ de chaque opération de restauration.

Cela consiste en une première approche du bâtiment, de ses valeurs et de ses problèmes qu'ils soient constructifs, de stabilité ou autres, grâce à une inspection visuelle au cours de laquelle on tente de découvrir le système constructif utilisé, les valeurs architecturales qui le caractérisent et les pathologies qui l'affectent. L'étape du diagnostic est un travail de synthèse et de réflexion qui est basé sur l'étude du pré-diagnostic ou on peut déjà avoir une première compréhension du bâtiment, tout en détectant ses déficits et

ses potentiels. Le but du diagnostic est de compiler les informations relatives à la structure, évaluer son état de conservation et d'en proposer les techniques de restauration.

En effet, notre étude se subdivise en plus de l'introduction et de la conclusion, en trois volets :

- ❖ Le premier chapitre aborde des généralités sur le bâti ancien et ses matériaux.
- ❖ Dans le deuxième chapitre on définit les étapes ; les pathologies courantes dans le bâti ancien, les étapes et méthodes de diagnostic.
- ❖ Dans le troisième chapitre nous avons essayé de déterminer un diagnostic de pathologie de la maison Bouziani Khadija.

Sachant maintenant que pour déterminer les techniques et les opérations de restauration, il faut d'abord définir un programme bien détaillé des différents travaux et à chaque fois, retourner à l'étude du diagnostic et objet de maitre en étude pour bien définir les zones les plus sollicitées et connaître les solutions les plus efficace.

## **I-1/ Définition de l'ancien bâti**

L'ancien bâti comprend l'ensemble des biens présentant une valeur patrimoniale dont il s'agit de garantir la pérennité. Selon l'approche traditionnelle, aujourd'hui encore dominante, l'ancien bâti s'identifie aux « monuments remarquables » (Mosquée, châteaux, églises, places, jardins...), un répertoire d'objets singuliers et autonomes auxquels s'appliquent les outils de protection, d'entretien, de conservation et de restauration. **[1]**

Tout comme le paysage, l'ancien bâti relève de la structure culturelle d'une société : il témoigne de techniques, usages et modes de vie qui portent la marque de valeurs et cultures sédimentées dans le temps. L'ancien bâti construit donc l'épaisseur sémantique du territoire et l'inscrit dans l'histoire en établissant des liens identitaires et symboliques entre la société, les activités du quotidien et leur organisation spatiale.

## **I-2/ Matériaux de construction utilisés dans l'ancien bâti**

Le choix d'un matériau dépend de plusieurs facteurs : la région où l'édifice est construit, l'accessibilité du matériau, son coût, sa destination.

Les matériaux sont utilisés soit en fonction de leurs caractéristiques physiques reconnues, soit en fonction de facteurs culturels ou économiques.

Sont des matériaux locaux disponibles sur site. Les matériaux sont utilisés directement sans modification, soit par traitement pour les adopter aux besoins de réalisation **(Voir Figure I.1)**.

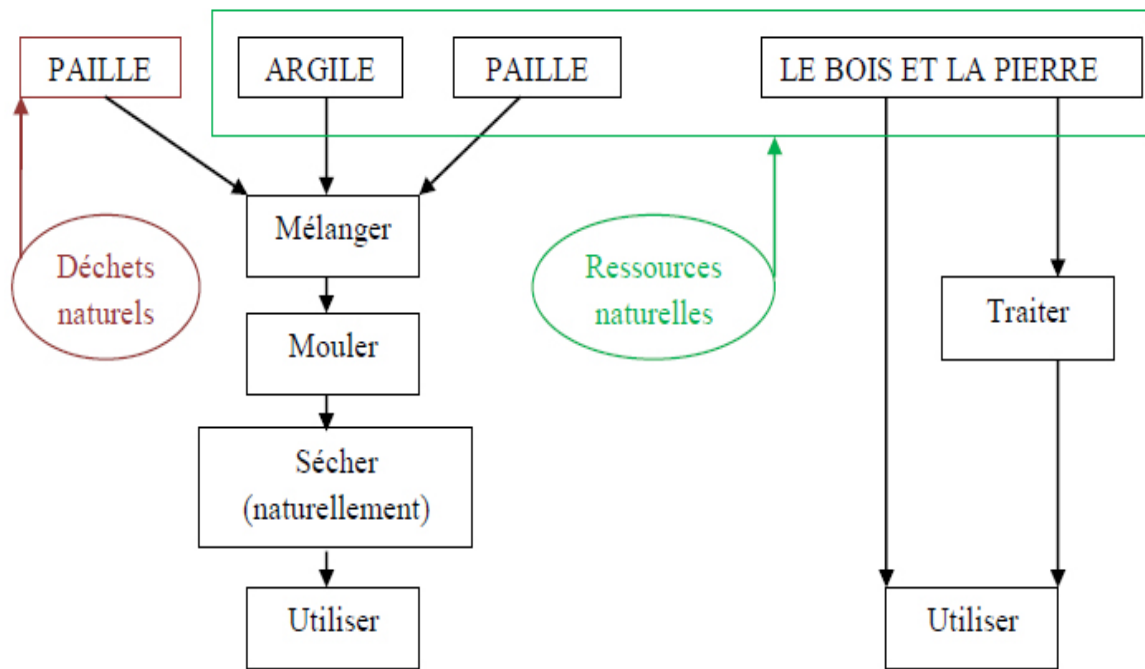


Figure I.1 : Production des matériaux.

### I-2-1/ La terre

L'usage de la terre est très ancien. Elle était utilisée autant dans les campagnes que dans les villes, le toub est plus fréquent que le pisé. Les maisons traditionnelles sont faites de terre associée à d'autres matériaux (végétaux ou minéraux), (**Voir Figure I.2**). [2]



Figure I.2 : Les Brique de Terre crue 35/14/7 cm [3]



### I-2-2/ La paille

La paille, bien que fréquemment utilisée dans la construction, est néanmoins réservée en priorité aux animaux. Toutefois, elle est indispensable pour la fabrication des enduits à base de terre ou comme armature de liaison dans certains murs en pisé (**Voir Figure I.3**). [4]



**Figure I.3 : Construire en paille [5]**

### I-2-3/ Le roseau

Très résistant, aux agressions climatiques comme au temps (grâce à sa teneur en silice), le roseau a par ailleurs une bonne capacité hygroscopique et n'est pas affecté par l'humidité (ses capacités restent inchangées). Son coefficient de conductivité thermique en fait une solution adaptée à l'isolation. Particulièrement dense, il garantit par ailleurs un confort optimal été comme hiver. Mais c'est surtout sa forme, le panneau de roseau (développée en Allemagne) qui en fait un matériau de prédilection de l'isolation périphérique, mais il est tout à fait adapté également à la pose sur murs intérieurs. Les tiges sont empilées parallèlement et comprimées à l'aide de fils de fer. Les panneaux, de 20 à 50 mm d'épaisseur, sont fixés par vissage ou par clouage, et sont superposés en fonction de la protection désirée. Ils forment ensuite un support idéal pour l'enduisage (**Voir Figure I.4**). [6]



Figure I.4 : Toiture en roseau [7]

## I-2-4/ Le Bois

Le bois est l'une des matières les plus travaillées par les Ottomans.

Dans la construction, le bois est utilisé principalement sous deux formes :

- Bois massif
- Bois reconstitué

Le bois massif est utilisé principalement pour les éléments de charpente traditionnelle et son utilisation comme son dimensionnement relève surtout des habitudes régionales.

Le bois reconstitué peut être fabriqué à partir de deux sous-produits tels que les sciures ou des bois de moindre qualité, ou à partir de composants en bois (lamelles par exemple). On distingue ainsi :

- Les panneaux: ces produits de grand format sont constitués d'éléments de placage fins, de lames de bois, de particules ou de fibres, assemblés par collage, pressage et/ou thermo durcissement d'un liant. De nombreux panneaux ont été mis au point en fonction de divers usages spécifiques.
- Les poutres reconstituées : le Bois Lamellé Collé (BLC) (**Voir Figure I.5**). [8]





**Figure I.5 : Poutre ancienne de bois [9]**

### I-2-5/ Le Bois de palmier

Le palmier est un bois de charpente couramment utilisé mais qui ne dure pas très longtemps. Sa faible résistance à la flexion conditionne l'organisation du plan et les portées entre les murs ne peuvent dépasser trois mètres (**Voir Figure I.6**).



**Figure I.6 : Palmier [10]**

### I-2-6/ L'argile

L'argile est un matériau naturel fait de fines particules de roche. Mélangée à l'eau, elle forme une pâte molle, grasse : la glaise. À l'inverse de la boue, elle conserve sa forme. On peut la façonner, la rouler, la couper ou la disposer en couches pour lui donner toute sorte de formes.

L'argile humide est un bon matériau de construction, parce qu'elle durcit en séchant. Cuite dans un four, elle devient très dure et peut résister très longtemps. Les archéologues ont trouvé des pots et des coupes en argile fabriqués il y a des milliers d'années.

Comme un grand nombre de minéraux, l'argile est extraite du sol (forage ou mines). Avant de l'utiliser, il faut la nettoyer pour retirer les petits morceaux de roche et autres débris. Parfois, on lui ajoute du sable pour qu'elle résiste mieux **(Voir Figure I.7). [11]**



**Figure I.7 : L'argile [12]**

### I-2-7/ Le calcaire

Le calcaire est une roche composée de fragments de coquilles d'animaux déposées au fond de l'océan pendant des millions d'années. Coquilles et boue se sont accumulées, et les couches inférieures se sont peu à peu durcies et transformées en calcaire.

Le calcaire sert à faire du ciment, des routes et des engrais. Beaucoup de calcaires sont suffisamment solides pour être employés comme matériau de construction. On en utilise pour faire des sols, couvrir les murs des bâtiments et édifier des monuments **(Voir Figure I.8). [13]**





Figure I.8 : Roche de calcaire [14]

### I-2-8/ La chaux

La chaux s'obtient par calcination de la pierre à chaux. Mélangé avec du sable et de l'eau, elle forme des mortiers qui durcissent à l'eau. La fabrication de la chaux se fait artisanalement dans les fours rudimentaires ou la température n'est qu'approximative (Voir Figure I.9). [4]

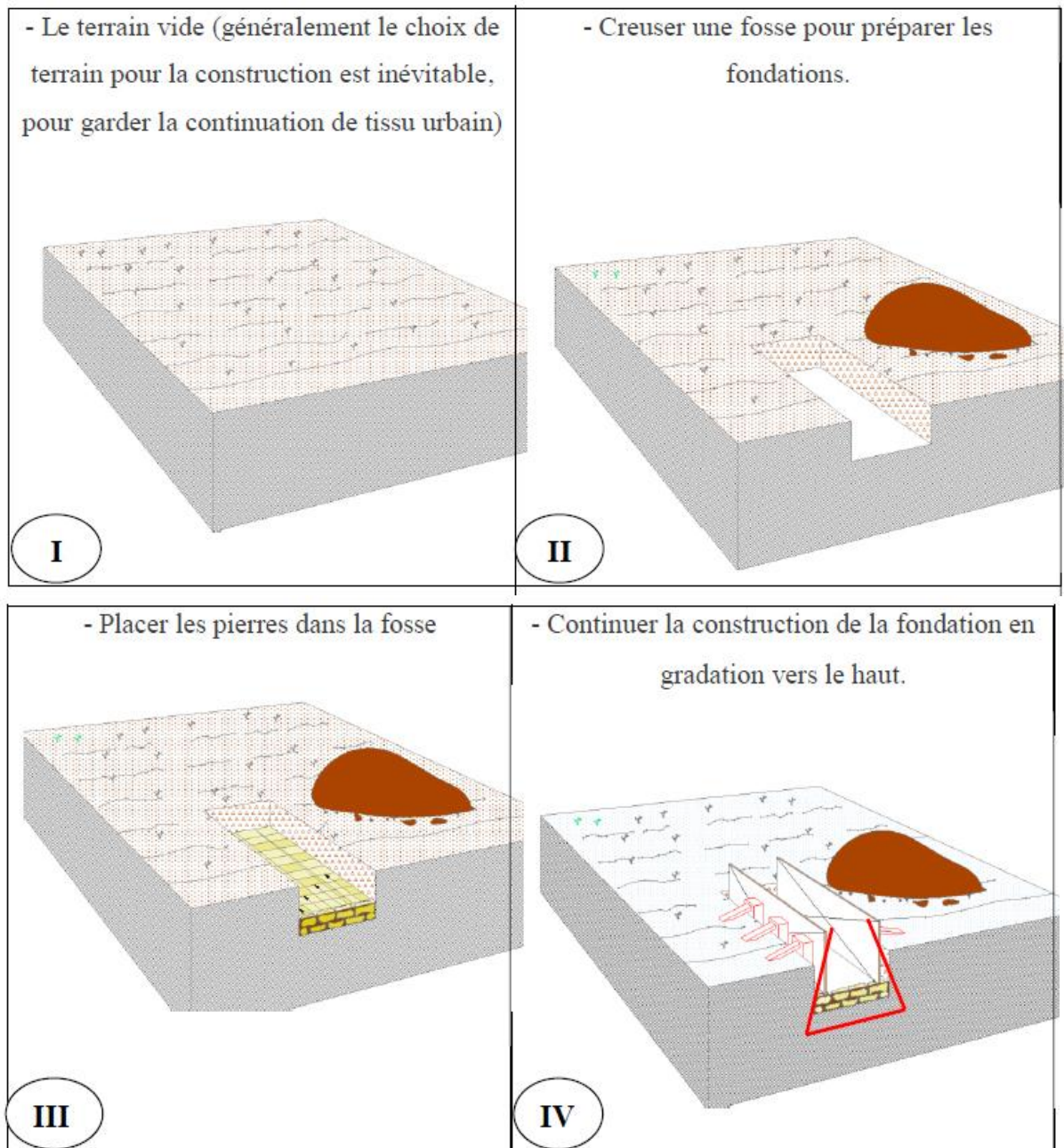


Figure I.9 : La chaux [15]

## I-3/ Les Techniques des constructions

## I-3-1/ Les Fondations

Dans le cas des terrains rocheux le mur est édifié sans fondations et dans le cas contraire le mur est construit sur les fondations. La fondation constituée des pierres naturelles liées entre elles avec un mortier de terre, généralement sont des gros blocs pour assurer la stabilité de sol (**Voir Figure I.10**). [4]

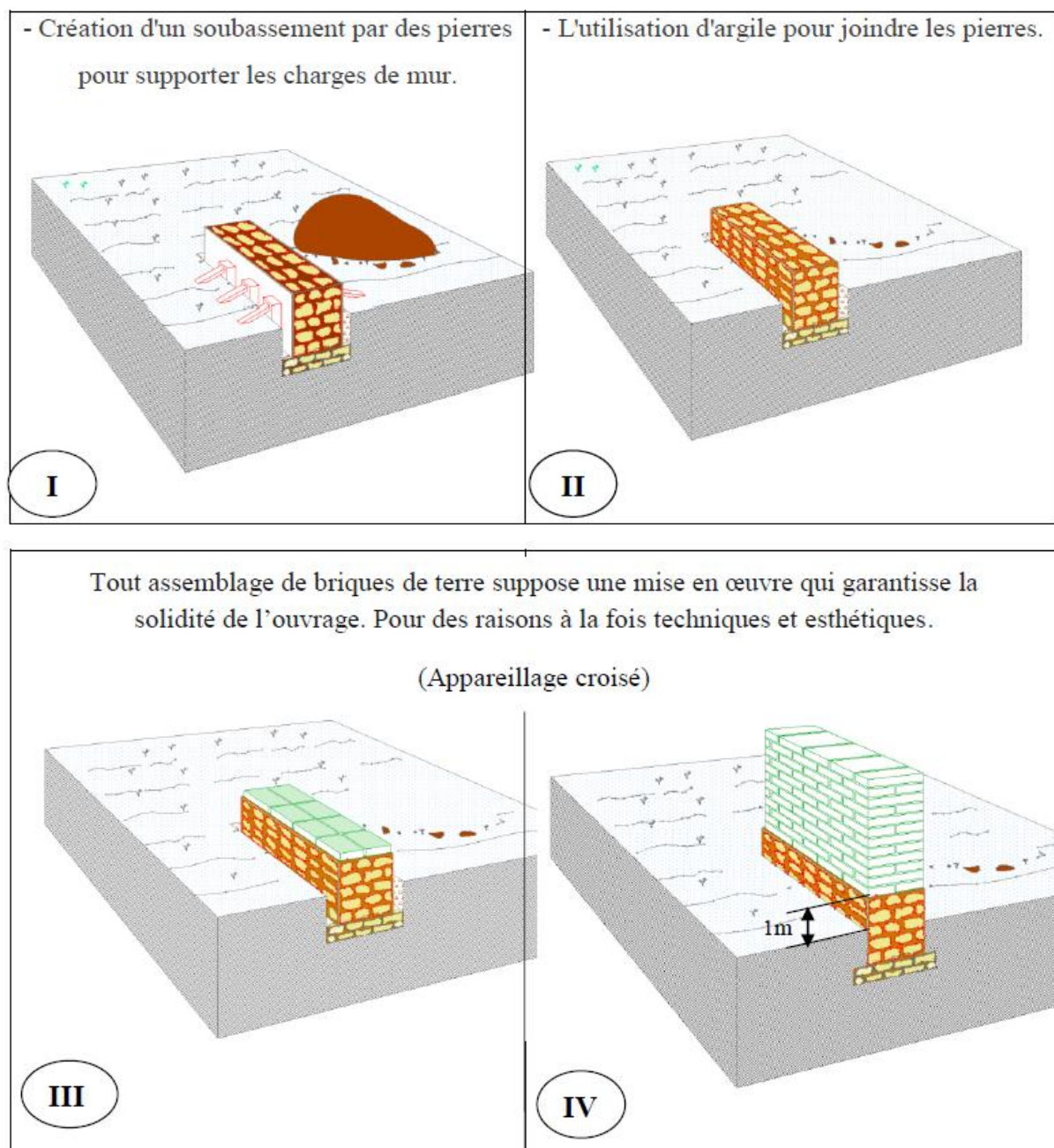


**Figure I.10** : Processus schématique de fabrication des fondations [4]



## I-3-2/ Les murs

C'est la partie qui repose sur la fondation, généralement est réalisé par deux parties, partie inférieure réalisée en pierre naturelle avec une hauteur d'un mètre par rapport au niveau du sol pour empêcher l'effondrement de la bâtisse qui peut être causé par les eaux pluviales. La partie supérieure réalisée en briques de terre séchées, ce mur est entrecoupés par des joints horizontaux, qui stabilisent le mur (**Voir Figure I.11**)..[4]



**Figure I.11 : Processus schématique de fabrication du mur [4]**

## I-3-3/ Les dalles

Cette partie de la construction est constituée de :

- Troncs d'arbres servant de poutres : ils ne sont pas assez longs pour aller d'un bout à l'autre de la maison. Ils reposent, d'une part, sur les murs de côté de la maison, de l'autre, sur les semelles. Ils sont disposés par groupes de deux ou trois (**Voir Figure I.12**). [4]

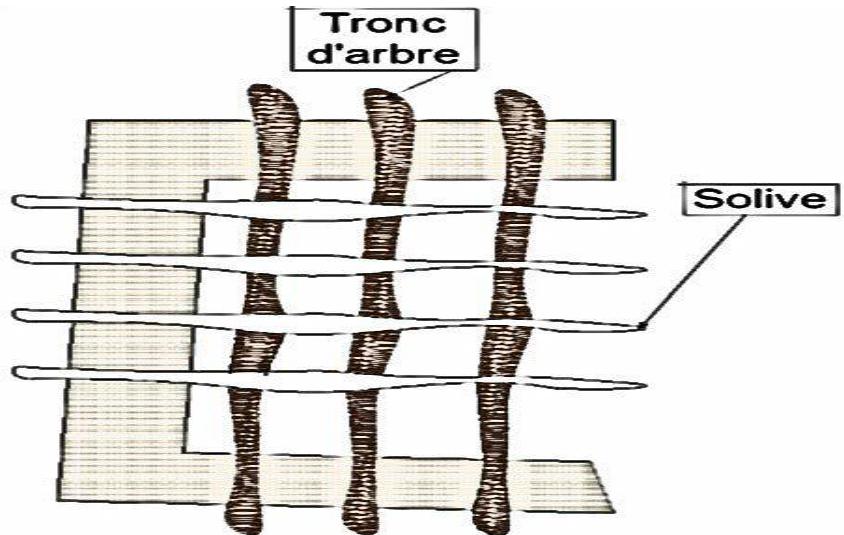


Figure I.12 : Vue dessus sur la dalle [4]

## I-3-4/ Le poteau

Un élément plus important de la construction traditionnelle. Il est généralement un seul poteau en chêne pour assurer une plus grande solidité d'attache (**Voir Figure I.13**). [4]

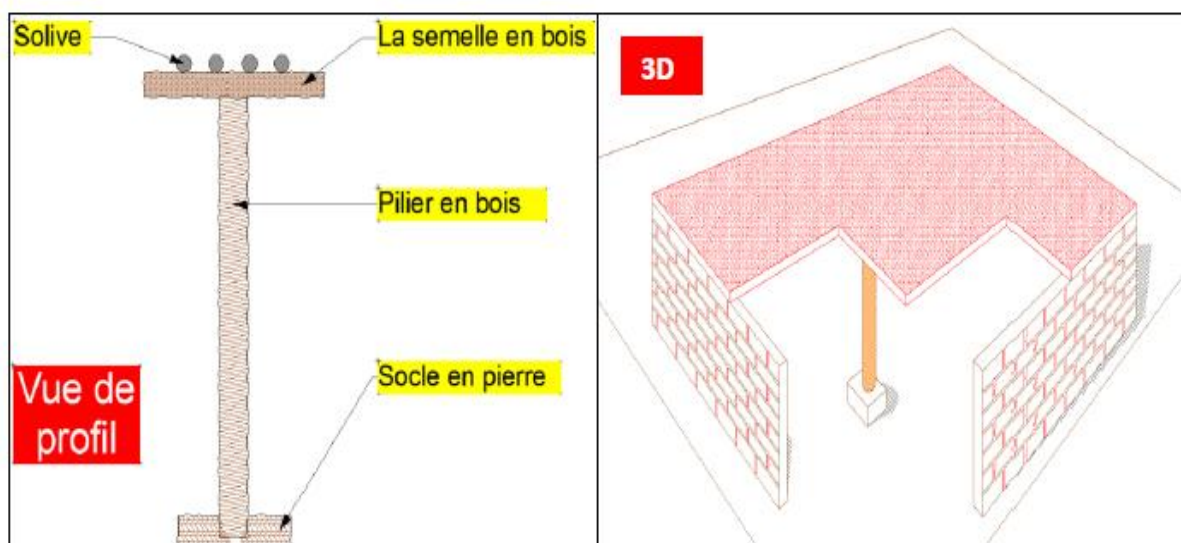
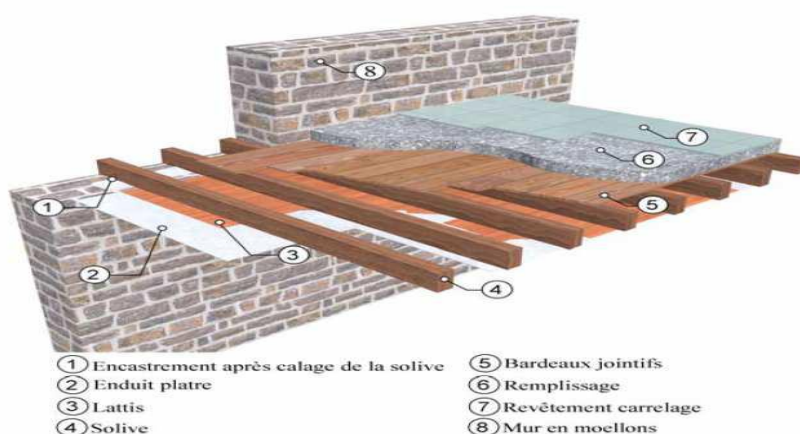


Figure I.13 : Le poteau dans la maison traditionnelle [4]



## I-3-5/ Les Planchers

Utilisant généralement des couvertures horizontales en bois ou voûtées. Utilisant généralement des couvertures horizontales et très peu de couvertures inclinées. Les couvertures sont aussi bien en bois que voûtées. Dans les deux cas l'aspect de la texture de finition extérieure est identique, par application de chaux, pour en garantir l'étanchéité (**Voir Figure I.14**). [8]



**Figure I.14 : Exemple d'un plancher [8]**

## I-3-6/ Les toits

Ils sont constitués de deux couches, la première présente la disposition des troncs de palmiers ils jouent le rôle des poutrelles. Le seconde est une couche épaisse en boue qui couvre les palmes et assure l'étanchéité de la pluie de précipitation (**Voir Figure I.15**). [2]



**Figure I.15 : Les toits (*Ayn-ad-dâr* (« œil de la maison » à Taghit (2003) [16]**

### I-3-7/ La colonne

Il est un support vertical dont le plan est un cercle (colonne cylindrique) ou carrée .il est construit en compactant la pierre avec la boue comme mortier.

### I-3-8/ Les ouvertures

#### ❖ Les portes

Les portes sont toutes semblables par leur forme rectangulaire et leur matériau en bois ; parfois le percement des murs et des portes est en forme d'arc.

#### ❖ Les fenêtres

Comme pour les portes, les fenêtres des constructions sont toutes en bois. Elles sont constituées d'un linteau et de jambages qui forment le cadre de la fenêtre. Les ouvertures qui, les reçoivent sont de simples interruptions dans le mur. Elles sont d'une dimension réduite vue au climat aride et chaud ainsi pour des raisons d'intimité. [2]

### I-3-9/ Les Revêtements de finition

Généralement enduit en mortier de chaux aérienne appliquée sur les murs en moellons. A titre décoratif (principalement sur les façades intérieures) faïence sur les murs, combinée avec des lambris de marbre, ainsi que du stuc sculpté sur les parties supérieures. Les murs extérieurs sont surtout badigeonnés. (Voir Figure I.16).



Figure I.16: Exemple Kasbah of Alger [17]

## **I-4 / La Réhabilitation**

La réhabilitation est l'action d'intervenir sur un édifice ou site ancien. On fait de la consolidation sans se soucier de l'authenticité. L'essentiel est de mettre en état de fonctionnement cet édifice (structurellement et fonctionnellement), et l'adapter aux nouvelles exigences du temps. On peut même se permettre de transformer cet édifice. **[18]**

### **I-4-1 / Les formes de la réhabilitation**

Les deux formes de la réhabilitation sont : produit l'intention et garantit De sa réalisation.

#### **I-4-1-1/ La réhabilitation subjective**

Elle se focalise sur l'aspect culturel, le but de la réhabilitation subjective et de réutiliser les valeurs ancestrales et de le mettre sous un cadre réfléchi en cas de perdution de culture .ce qui permet la préservation et la continuité de la culture locale.

#### **I-4-1-2/ La réhabilitation objective**

Elle se focalise sur le bâti, elle consiste à améliorer le cadre bâti, la réhabilitation objective est la concrétisation de celle de la réhabilitation subjective tout en respectant et conservant les valeurs authentiques.

### **I-4-2 / Les type de réhabilitations**

Il y a quatre types ou degrés de réhabilitation **[2]** :

#### **A. La réhabilitation légère**

Ce type ne demande pas des interventions approfondies vu le bon état du bâti, les travaux de réhabilitation ici sont superficiels, ils sont limités à l'équipement, le côté décoratif et esthétique.

#### **B. La réhabilitation moyenne**

Cette réhabilitation est plus approfondie que celle de précédente, elle consiste à terminer les travaux par la peinture et la réfection d'électricité, ce type reste encore superficiel.

#### **C. La réhabilitation lourde**

Les travaux ici consistent à la réorganisation des pièces.la réparation des toitures. Il s'agit des interventions approfondies qui touchent une grande partie de l'édifice même sa structure.

**D. La réhabilitation exceptionnelle**

Ce type est destiné aux édifices qui souffrent d'une dégradation qui touchent profondément ses éléments constructifs.

**E. La démarche de la réhabilitation**

Une opération de réhabilitation du patrimoine passe par quatre Phases essentielles dont La première est celle de "la connaissance du bâti", elle inclut le pré-diagnostic et l'analyse pluridisciplinaires (domaines social, historique, architectural et constructif).

**F. Problématique de la réhabilitation**

Toutes les constructions anciennes se sont modifiées au cours des âges en fonction des variations sociologiques et techniques du temps. La restitution archéologique théoriquement possible, ne peut être envisagée parce qu'elle rendrait la construction impropre à l'usage de notre temps. On peut s'orienter vers une actualisation du "patrimoine" et sa mise en valeur architecturale, en utilisant les techniques anciennes retrouvées mais aussi les techniques nouvelles pouvant s'intégrer dans le bâti ancien.

**I-5/ La Restauration**

Elle est réservée aux bâtiments ayant une valeur historique certaine qu'il s'agit de remettre en état à l'identique.

**I-5-1 / Les Principes de la restauration**

- Toute restauration sera précédée de l'analyse critique
- Chaque opération sera subordonnée à l'idée de réintégrer et de conserver la valeur expressive de l'œuvre
- La nécessité d'éliminer les superpositions et les ajouts mêmes de grandes valeurs figuratives qui pourraient entacher ou remparter l'intégrité architectonique et altérer la vision du monument
- Interdiction de reconstruire quand les distractions ont causé la perte de l'unité figurative de l'œuvre.
- La légitimité de reconstruire à l'identique un monument partiellement détruit [19].

## I-5-2 / Les buts de la restauration

- La restauration permet de donner une seconde vie au bâtiment ainsi faire renaitre l'activité dans ce dernier.
- Elle permet aussi de préserver de patrimoine et garder des exemples vivants encore d'une histoire d'un pays ou d'un art quelconque.
- Restaurer peut parfois faire l'objet d'une grande, au lieu d'envisager la reconstruction totale du bâtiment qui coute une fortune on effectue la réparation de ce dernier. **(Voir Figure I.17).**



**Figure I.17 :** Projet réhabilitation et restauration des vieux ksour et mosquées antiques à Laghouat. [20]

## I-5-3 / Principes de la restauration architectural

- Importance du travail d'archive préalable à toute restauration.
- Principe de l'intervention minimum.
- Principe de réversibilité, dans la mesure du possible de la restauration.
- Lisibilité des interventions contemporaines qui doivent pouvoir être distinguées des phases précédentes du bâtiment.
- Respecter les différentes phases de la vie d'un monument.
- Tester très rigoureusement tout matériau ou technique moderne avant leur utilisation sur un bâtiment antique, et suivre par la suite les résultats qu'ils donnent.



- Préférer la consolidation au remontage, et toujours commencer par une consolidation et un assainissement des structures en place, avant de remonter éventuellement des éléments.
- Bannir toute restauration faisant appel à l'imagination créatrice, afin de respecter le document antique. Cependant il est possible : de proposer une reconstruction imaginaire indépendante du monument et présentée comme telle, de protéger un vestige trop ruiné pour pouvoir être reconstruit par une architecture contemporaine témoignant de l'époque de cette mesure. Importance du travail de documentation de la restauration.
- Importance de l'entretien et du suivi après restauration.
- Encourager une réutilisation respectueuse du monument, ce qui est le meilleur moyen de le conserver. [21]

## I-6/ La Rénovation

Elle concerne les opérations qui commencent par une démolition. Elles sont similaires aux opérations de travaux neufs si ce n'est la phase de démolition et de libération des emprises foncières. [22]

La rénovation dans le bâtiment, c'est améliorer la qualité de la construction, réduire sa consommation et ses dépenses en matière d'énergie.

La rénovation dans le bâtiment est l'acte de rénover un bâti ou un équipement ancien ou existant afin de lui donner des caractéristiques techniques, réglementaires et esthétiques de meilleure qualité. Lorsque la rénovation est poussée en termes de travaux techniques et réglementaires, nous pouvons alors parler plus de réhabilitation, cependant la frontière entre ces termes est proche. [23]

La rénovation thermique peut à la fois s'envisager sur le bâti avec des opérations d'isolation thermique et d'étanchéité du bâti. Elle peut également s'opérer au niveau de l'amélioration du remplacement des équipements techniques existants (chaudière ...) ainsi que de l'adjonction d'énergies renouvelables et les systèmes de régulation et de programmation.

## II-1/ Les pathologies de l'ancien bâti

Les différentes pathologies sont apparente dès que l'on jette un clin d'œil sur le bâti (effondrement, fissures, décollement d'enduit, humidité intempestive), les types de pathologie qui peuvent exister dans l'ancien bâti sont **[2]** :

A. des Pathologie d'humidité telles que :

- Présence de coloration foncée de terre mouillée sur les murs
- Remonté capillaire
- Remontée du niveau du sol extérieur

B. des Pathologie structurelle telles que :

- Ecartement des murs
- Fléchissement des murs
- Les fissures **[38]** (Voir Figure II.1 et Figure II.2 et Figure II.3).



**Figure II.1 : Effondrement [2]**



**Figure II.2 : Fissure [2]**



**Figure II.3 : Décollement d'enduits [2]**

### C. Les types des fissures :

#### 1. Microfissures :

Il s'agit d'une forme de fissures étroites, faiblement visibles à l'oeil nu et dont la largeur est inférieure à  $2/10^{\text{èmes}}$  de mm. La plupart du temps le phénomène de microfissuration se traduit par de fines craquelures à la surface de la peinture ou de l'enduit. **(Voir Figure II.4) .**



**Figure II.4 : Microfissures**

#### 2. Lézarde :

Plus épaisses que les fissures classiques, elles ont une largeur supérieure à 2mm et sont généralement provoquées par des mouvements de sol ou des sollicitations inhabituelles auxquelles ne résiste pas la structure du bâtiment.

---

## II-2/ Causes des pathologies dans l'ancien bâti

### II-2-1/ L'humidité

L'humidité est l'une des principales causes des désordres qui affectent les constructions.

Elle peut menacer la bonne conservation des structures et des matériaux constitutifs du bâtiment. Elle se manifeste par un grand nombre de désordres : salissures, décollement de revêtements, effritement des enduits, gonflement et gauchissement des bois. Elle peut en cas de gel avoir des conséquences encore plus graves telles les fissurations et les éclatements de matériaux. Par ailleurs, elle porte atteinte au confort :

- Par le développement de moisissures et de champignons à l'intérieur des logements.
- Par la diminution de l'isolation thermique lorsque les murs ne sont pas suffisamment secs. **(Voir Figure II.5).**



**Figure II.5 : Humidité Sur Mur [24]**

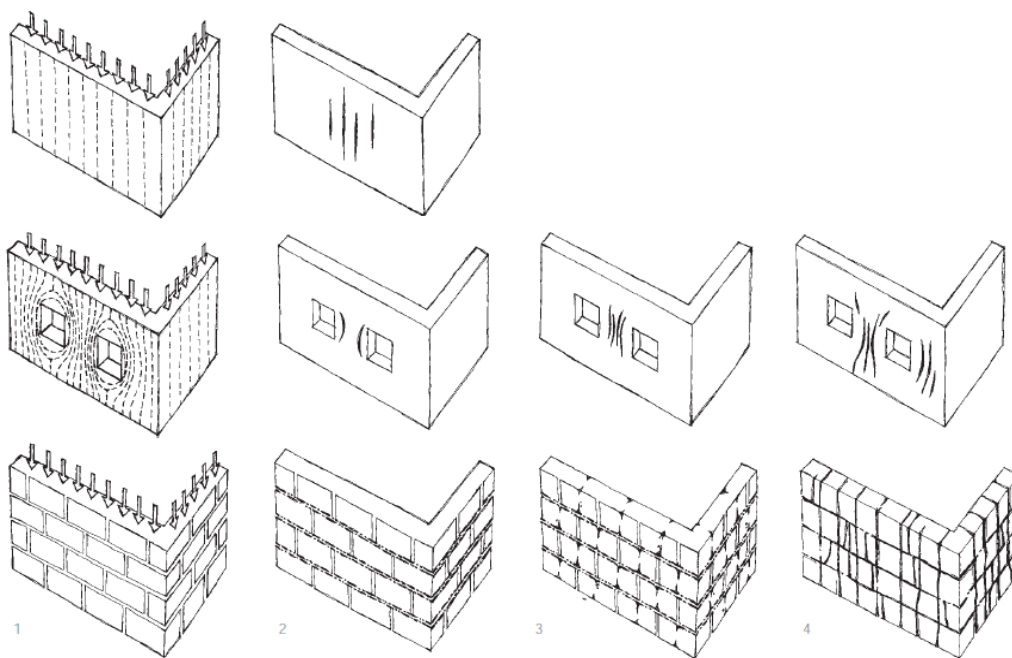
### II-2-2/ Pathologie due à une trop forte compression sur une large partie du mur

La localisation des fissures ou des lézardes coïncide avec la direction des lignes isostatiques à compression correspondant à un élément vertical d'un matériau élastique,

homogène et isotrope recevant la charge verticale de son propre poids et celle des planchers, cette dernière étant supposée être répartie de manière uniforme. Les fractures se forment généralement au niveau des parties supportant la plus forte charge, coïncident avec la partie inférieure du mur et se forment, généralement, au niveau des zones pleines où les poussées de charge entre les ouvertures sont à leur maximum. Leur présence témoigne du dépassement de la tension de compression admissible au niveau de la zone fracturée, dont les effets peuvent être multiples en termes de sécurité du bâtiment, en fonction de la capacité de redistribution des tensions du mur lui-même ou de l'ensemble de l'appareil.

Dans le cas des maçonneries en pierre taillée équarrie, de type orthogonal, les premiers symptômes de la fracture sont l'affaissement ou la détérioration des joints horizontaux lorsque l'élasticité du mortier est beaucoup plus faible que celle des moellons ou des briques, ce qui est souvent le cas des murs anciens. S'ensuit généralement la fracture verticale des moellons du fait des tensions auxquelles sont soumises les portées rasantes horizontales des points de contact mortier-moellon jusqu'à former un faisceau continu de fissures verticales.

Dans le cas de la maçonnerie en pierre brute hourdée, ce phénomène n'apparaît pas de manière aussi évidente car, même s'il existe, les fissures zigzaguent entre les joints de mortier en suivant leur trace. [25] (Voir Figure II.6).

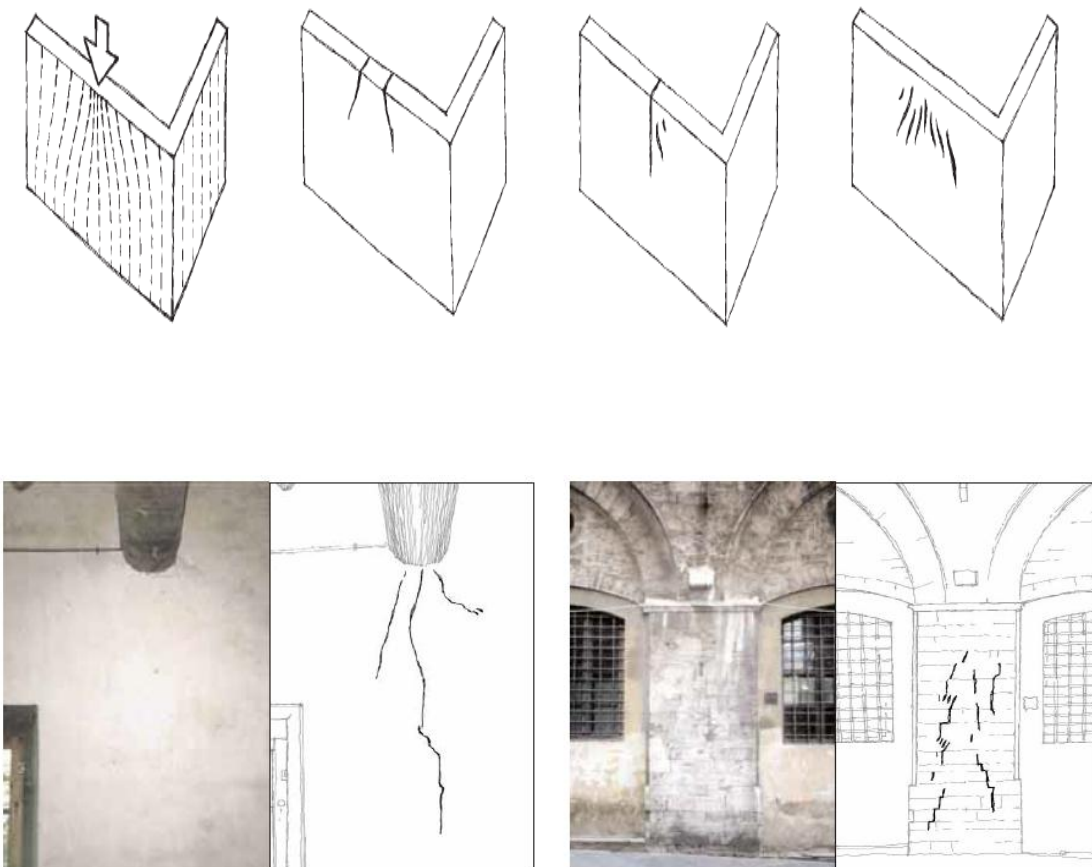


**Figure II.6 : Fissure des Murs [25]**



### II-2-3/ Désordres dues à des charges ponctuelles

Les fissures sont inclinées par rapport aux côtés de l'élément à l'origine de la charge – généralement une poutre ou une poutrelle– ou bien elles suivent une ligne verticale sous l'élément en question. Comme dans le cas précédent, leur gravité dépend des possibilités existantes de redistribution des tensions de l'élément concerné, lesquelles sont nombreuses dans les cas les plus courants mais sont plus rares dans le cas des piliers libres où des solutions de renfort doivent être envisagées. [25] (Voir Figure II.7).

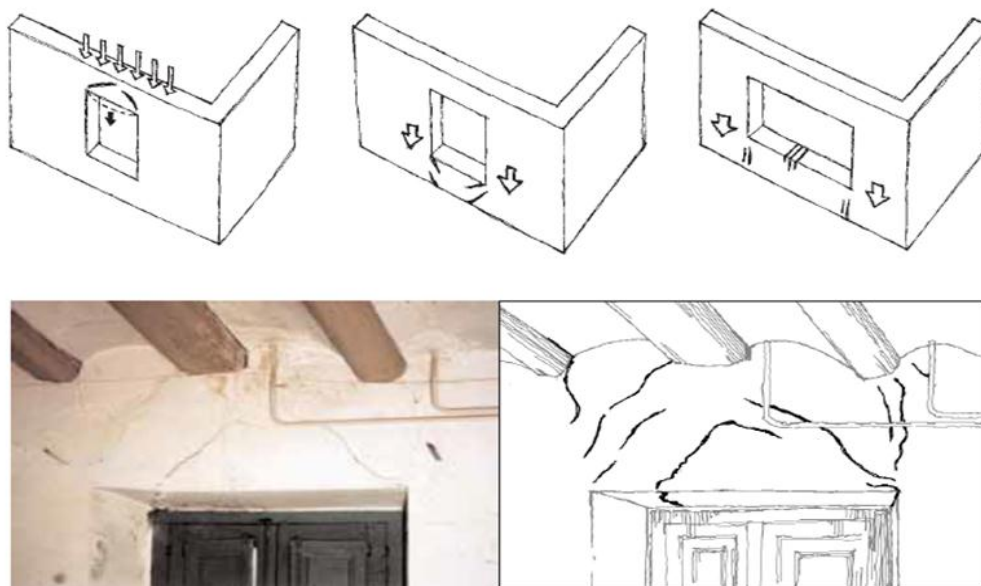


**Figure II.7 : Désordres dues à des charges ponctuelles [25]**

## II-2-4/ Pathologie due à des manques de rigidité des éléments collaborant

La déformabilité de certains éléments qui, théoriquement et en comparaison avec le modèle élastique, sont censés être d'une extrême rigidité, est la cause de la formation de schémas singuliers de fracture, différents de ceux qui devraient se produire en l'absence d'une telle situation.

Les fissures dues, dans un premier cas, à un linteau déformable en bois provoquant la décompression d'une partie du mur et la formation de fissures suivant un arc de décharge, puis l'effet de la charge ponctuelle de la poutrelle ; et, dans un second cas, les fissures de la déformabilité des fondations sous l'effet des poussées de charge du mur de façade entraînant des cas de fracture par cisaillement ou par flexion, en fonction de la taille des baies et de la ductilité des matériaux du mur. [25] (Voir Figure II.8).

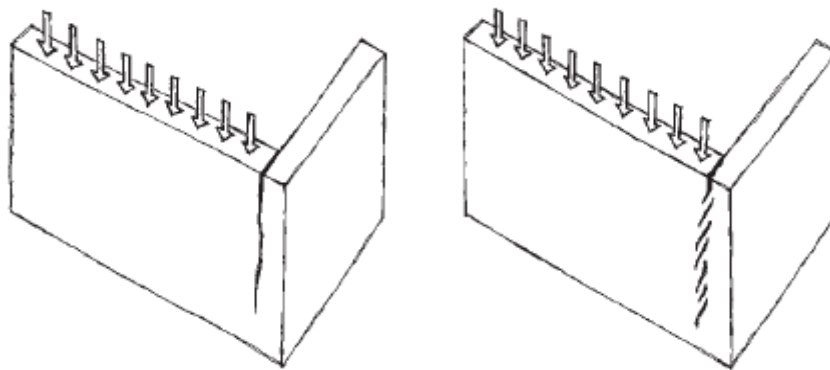


**Figure II.8 : Des manques de rigidité des éléments collaborant [25]**

## II-2-5/ Pathologie due à des différences de charges entre les murs

## transversaux

La formation d'une fracture verticale dans l'angle formé par le mur supportant la charge des planchers et le mur transversal est un phénomène fréquent. La perte de continuité des murs entraîne une baisse de leur monolithisme, dont les effets devront être spécifiquement évalués en fonction de l'incidence des actions horizontales du vent et des mouvements sismiques éventuels. [25] (Voir Figure II.9).



**Figure II.9 : Des différences de charges entre les murs transversaux [25]**

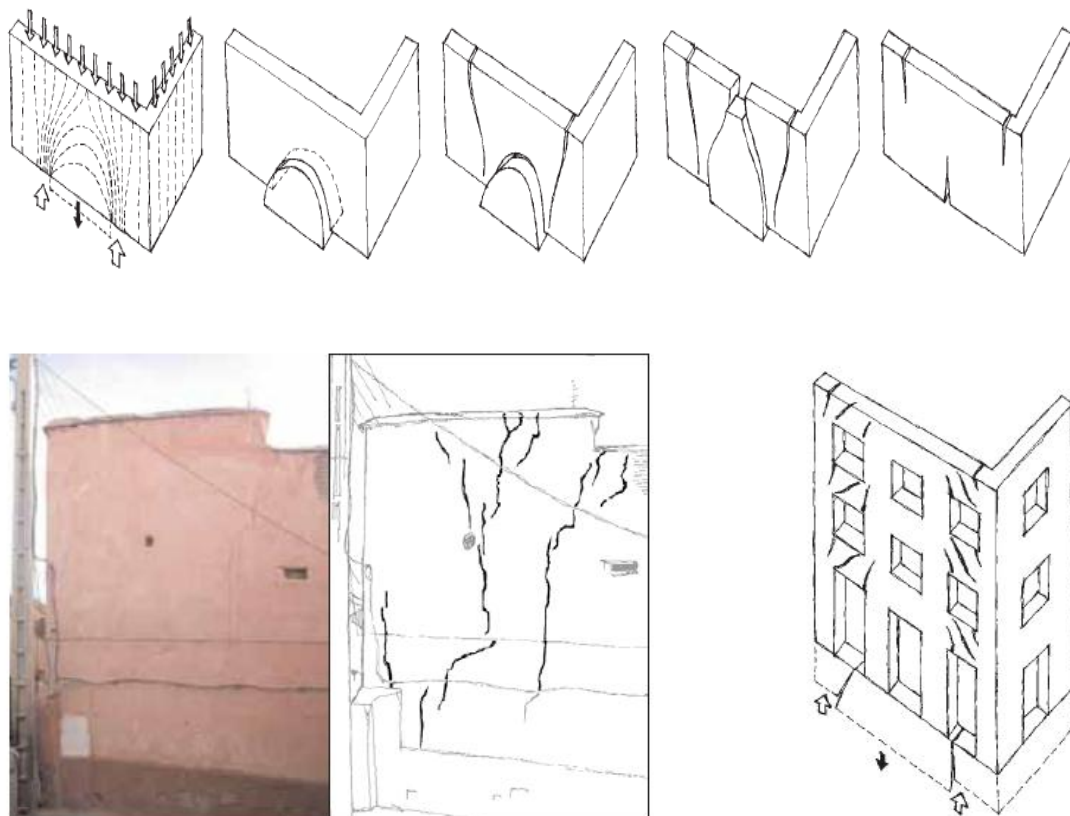
## II-2-6/ Pathologie due aux mouvements différentiels des fondations

Les mouvements de terrain constituent une des causes les plus fréquentes des fissures et des lézardes des murs traditionnels. De tels mouvements peuvent avoir de multiples causes, certaines sont intrinsèques au terrain (humidification des sols cohésifs, versants instables, etc.), d'autres sont en lien direct avec les caractéristiques des fondations existantes dans la construction du bâtiment en question ou avec l'action des constructions proches. Souvent – mais pas toujours – les dommages apparaissent progressivement, de telle sorte qu'il est possible de disposer de l'information nécessaire quant à leur évolution et aux mesures préventives adoptées en conséquence.

La reconnaissance visuelle des mouvements est possible à l'aide des tableaux des fissures et autres désordres reproduits ci-après en fonction des différents types de mouvement (descente ou glissement), de la zone du bâtiment concernée (angle ou partie centrale) ainsi que des caractéristiques particulières du bâtiment (mur avec ou sans fenêtres).

Comme nous l'avons précédemment souligné, ces schémas se basent sur l'hypothèse selon laquelle les murs se comportent mécaniquement comme des éléments élastiques et rigides, présentant très rarement une déformation plastique avant la fracture, et sont en outre homogènes et isotropes.

Il est évident que plus les caractéristiques d'un mur se rapprochent de celles du mur précité, plus les références aux types de fracture fournies pour le modèle élastique seront valides, bien qu'il faille toujours prendre en compte le fait que les points de fracture prioritaires coïncident généralement avec la position des sections qui absorbent plus difficilement les tensions de traction générées par le mouvement, ce qui semble logique si l'on considère la faible résistance à ce type de sollicitation des matériaux qui composent les murs dont il est question ici. **[25] (Voir Figure II.10).**

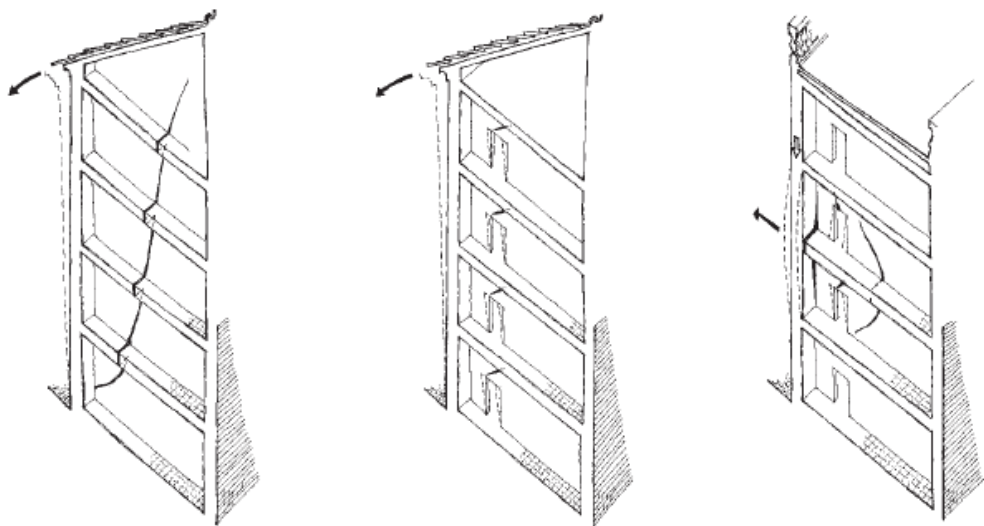


**Figure II.10 : Mouvements différentiels des fondations [25]**

---

### II-2-7/ Écrasements et bombements des façades

Ils sont généralement la conséquence de longs processus de déformation dus aux effets prolongés des sollicitations verticales ou horizontales sur les matériaux des murs et découlent de ceux liés à leur rhéologie propre, qui conduit à des modifications de leurs caractéristiques mécaniques au fil du temps. À ce stade avancé de déformation, il est nécessaire de procéder à des étayages ou de prendre les mesures de conservation nécessaires. Les écrasements dus aux poussées des couvertures, aux déplacements des fondations ou aux effets de l'humidité et de la température sont les plus fréquents, tandis que les processus rhéologiques de déformation lente sous l'effet de charges centrées ou décentrées transmises par la toiture et par les planchers sont la cause des bombements. [25] (Voir Figure II.11).



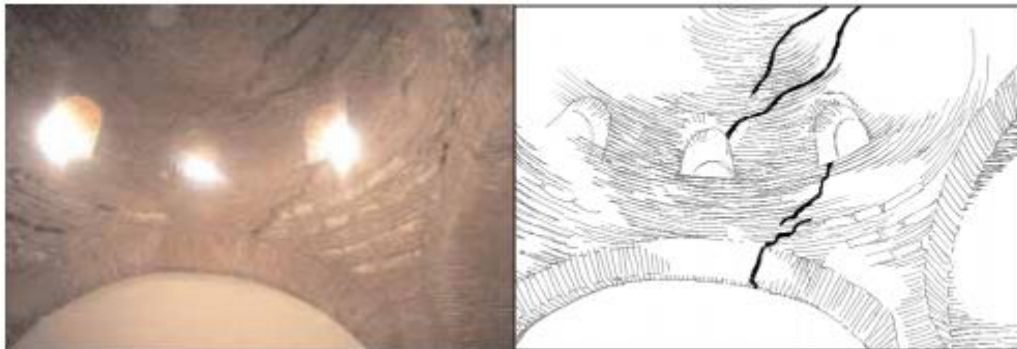
**Figure II.11 : Écrasements et bombements des façades [25]**



## II-2-8/ Pathologie des voûtes et des coupoles

Le comportement mécanique et structurel des voûtes se reconnaît normalement au point de superposition de la courbe directrice de l'élément avec la ligne de pression correspondante. Plus on s'éloigne de cette ligne directrice, plus le risque de fissuration ou d'écrasement est important, compte tenu du fait que ces points coïncident avec les zones soumises aux plus fortes tensions de traction et de compression.

Les schémas de fracture des voûtes diffèrent de ceux des coupoles, étant donné que ces dernières sont de véritables structures spatiales dont l'interprétation exige nécessairement une étude tridimensionnelle complexe, qui explique certains des schémas classiques de rupture. Quoi qu'il en soit, pour ces deux éléments, l'origine des dommages est due à la décompression générée par le mouvement des murs, des piliers ou des pilastres qui reçoivent leurs poussées, tant sous l'effet de l'écrasement latéral des murs eux-mêmes que sous l'effet de l'affaissement de l'assise différentielle des fondations, bien que l'excès de charge ou leur propre faiblesse puisse également être la cause directe des pathologies constatées. Les fractures les plus courantes sont reproduites sur les schémas ci-contre. [25] (Voir Figure II.12).

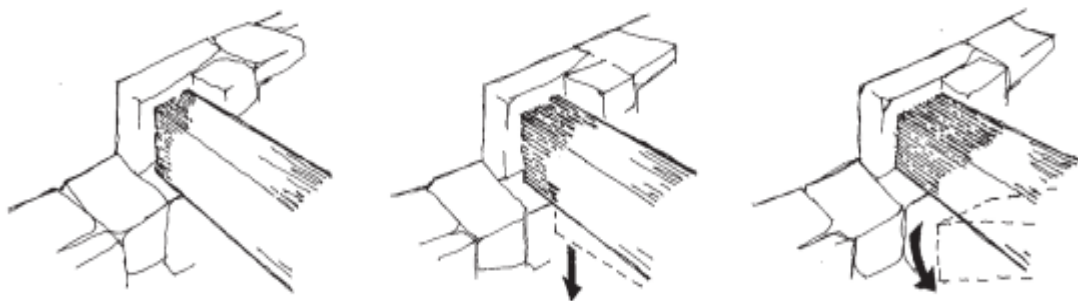


**Figure II.12 : Des coupoles**

## II-2-9/ Les attaques biotiques

La putréfaction du bois due à la présence de champignons ou d'insectes xylophages tels que les termites ou les vrillettes entraîne une diminution de la surface utilisable, ce qui implique, d'évaluer avec soin chaque bâtiment concerné. La détection de zones endommagées et leur

intensité sont des éléments indispensables afin d'effectuer un diagnostic intégré de ces éléments. [25] (Voir Figure II.13).



**Figure II.13 : Les attaques biotiques [25]**

### II-3/Les objectifs d'un Diagnostic

Le diagnostic est une opération qui quantifie des symptômes d'instabilité qui sont le plus souvent des déformations ou des fissurations. Le diagnostic pour objectif de :

- Déterminer l'état de conservation et les besoins d'intervention.
- Analyse de l'information récoltée.
- Conclusion sur les causes des désordres et recommandations des méthodes de réparation

La mission de diagnostic devra notamment comporter :

- 1- Une description et une étude historique du monument.
- 2- Une couverture photographique
- 3- Une série de plans et de relevés.

4- Une évaluation de l'état technique du monument

5- Une évaluation de ces travaux [26].

En plus d'une étude pluridisciplinaire et détaillée qui comprend :

- Récolte de toute l'information nécessaire.
- Étude documentaire, historique et archéologique.
- Étude socio-économique et d'habitabilité.
- Relevé graphique. -Inspection précise du bâtiment.
- Analyse constructive et structurelle.
- Essais "in situ" et en laboratoire.
- Évaluation de la durabilité [26]

## **II-4/Méthode de diagnostic**

Le diagnostic est une étape importante de la connaissance de la maison traditionnelle sur laquelle on projette d'intervenir. De manière générale, la phase du diagnostic comporte l'investigation de plusieurs domaines (social, historique, architectural, etc.) en vue de parvenir à une connaissance approfondie de l'objet d'étude. Pour le besoins de ce guide, la question du diagnostic sera abordée uniquement du point de vue du domaine constructif, et ce, à travers l'investigation du système constructif de l'édifice étudié et de pathologies qui l'affectent.

### **II-4-1/Pré-diagnostic**

La phase de pré-diagnostic dans l'étude d'ingénierie d'un bâtiment traditionnel existant est probablement le point le plus crucial de toute la tâche de restauration des vieux bâtiments. Elle est cruciale parce que le premier jugement qui est fait sur le bâtiment peut affecter les étapes ultérieures, selon les approches suivantes :

- Le premier diagnostic de la condition physique des matériaux et des éléments du bâtiment.
- Les premières solutions physico-structurelles possibles pour le bâtiment.

Ce stade de pré-diagnostic devrait être mené parallèlement aux premiers programmes pour la restauration du bâtiment et avant que toute autre étape ne soit entamée. Afin d'être en mesure de faire une telle étude de pré-diagnostic de manière simple, plutôt qu'avec une large équipe, il y a deux possibilités : faire une étude d'architecte ou faire une étude d'ingénieur. Dans la première option (un architecte, un métreur, un architecte technique, etc..., en fonction du système d'enseignement du pays), il/elle doit avoir une vaste connaissance des anciennes technologies, des processus de détérioration des matériaux et des éléments anciens, une profonde connaissance de la conservation (des spécialités pratiques et de la philosophie) ainsi qu'une longue expérience. Il/elle n'a pas besoin de savoir évaluer les conditions structurelles ni le comportement du bâtiment ancien, et un ingénieur de structures devra intervenir par la suite pour les aspects structurels.

Dans la seconde option (ingénieur de construction civile, ingénieur technique, métreur, etc.), il/elle doit toujours avoir une large connaissance des technologies anciennes, des processus de détérioration des matériaux et des éléments anciens, une profonde connaissance de la conservation (des spécialités pratiques et de la philosophie) mais, contrairement à la première option, il/elle doit avoir une bonne expérience des conditions structurelles et du comportement des bâtiments anciens. Il n'est pas nécessaire pour le stade du pré-diagnostic de disposer des services d'un ingénieur de structures spécialisé [27].

#### **II-4-1-1/L'étude d'ingénierie de pré-diagnostic**

La base d'une bonne étude d'ingénierie de pré-diagnostic est fonction de l'objectivité de celui qui fait l'étude. C'est pour cette raison qu'il est recommandé que l'étude de pré-diagnostic soit réalisée par un professionnel et la planification future par un autre. L'étude d'ingénierie de pré-diagnostic comporte trois phases :

- La connaissance de l'état de la structure et de la condition physique des matériaux et des éléments, et la solution potentielle dans le cadre de l'ingénierie de la condition physique.
- Les moments et les étapes dans la vie d'un bâtiment et ses valeurs de conservation corrélées.
- L'usage futur du bâtiment.

Ce n'est seulement que si cette large approche est faite que l'étude d'ingénierie de pré- diagnostic prépare le projet pour l'étape suivante de documentation, d'étude et de conception complète [27].

#### **II-4-1-2/ Le rapport d'ingénierie de pré-diagnostic**

- Cette étude d'ingénierie de pré-diagnostic devra inclure dans un emploi du temps limité et un rapport d'étude lui aussi limité, l'ensemble de la situation du bâtiment, et tout particulièrement ce qui doit en être exclu. Six sujets devraient être inclus dans le rapport d'ingénierie de pré- diagnostic :
- La technologie de construction principale, habituelle et historique.
- Le principal système structurel du bâtiment existant
- La stabilité structurelle du bâtiment principal et de ses ajouts secondaires.
- L'état de conservation des matériaux et des éléments qui affecteront dans un sens positif ou négatif l'étude d'ingénierie de l'ensemble dans la phase de pré-diagnostic.
- La condition physique générale des éléments architecturaux, qui pourront être affectés négativement par les solutions potentielles d'ingénierie de structures.
- Les directions principales possibles des solutions d'ingénierie de structures [27].

#### **II-4-1-3/Matériel d'appui à l'étape de pré-diagnostic**

Le pré-diagnostic est une étape dans laquelle on compile l'information de base qui sera nécessaire pour la prise de décisions du promoteur face à l'éventuelle restauration d'un bâtiment.

Trop souvent, cette étape est contournée ou marginalisée alors même qu'elle est fondamentale pour une prise de décisions réaliste quant au processus de restauration.

On pourrait déterminer trois moments du processus de pré-diagnostic :

##### **II-4-1-3-1/Avant la visite du bâtiment**

Afin de profiter au maximum du temps qui sera consacré à la visite, il est souhaitable de la préparer à l'avance et sérieusement. Il faut s'accorder sur le jour de la visite avec une seule personne de l'immeuble qui se fera responsable des accès à toutes les parties du bâtiment. À ce moment-là, on devra se poser les questions suivantes :



- A-t-on l'autorisation de tous les propriétaires et de tous les locataires pour visiter leur appartement ou leur local commercial ?
- Qui, des propriétaires ou des locataires, sera présent dans chaque cas ? Qui aura la clé permettant d'entrer ?
- Existe-t-il des plans du bâtiment ?
- Le bâtiment a-t-il des zones obscures (sous-sols, greniers, etc.) dans lesquelles on aura besoin d'un éclairage spécial, de lanternes, etc. ?
- L'accès à tous les espaces sera-t-il facile ou faudra-t-il utiliser des escabeaux, des cordes, etc. ? [27].

### III-1/ Introduction

Dans le cadre de la réhabilitation des bâtis anciens et afin de sauvegarder le patrimoine Historique, nous essayons de présenter les différents désordres observés dans ce quartier.

Notre objectif principal consiste à identifier les formes de dégradations apparentes dans ce quartier. Et essayer à travers nos connaissances acquises à assembler le maximum de documents qui pourraient nous aider à élaborer un pré-diagnostic général qui servira comme outil de référence pour d'éventuels cas pathologiques.

Nous n'avons guère la prétention de régler par le présent travail tous les problèmes posés. Par contre, on présentera les contours d'une technique de réhabilitation à notre niveau qui puise sa force et sa légitimité dans nos valeurs socio-culturelles tout en incitant les différents acteurs à ne plus marginaliser cette partie de la ville.

Le quartier d'El Gharbia, a été détruit suite à l'explosion du 22 septembre (1948) par l'ancien française. Il est à signaler qu'il n'a jamais existé d'immeubles à El Gharbia, mais des maisons, dont certaines surélevées d'un étage. Le réseau d'irrigation, traversant les rues et ruelles de la ville, donnant une fraîcheur naturelle a été enseveli par une couche de béton. La muraille et les sept portes, dont celle de la Place d'Alger ont tous été démolies [28].

### III -2/ Etat des lieux D'El Gharbia

Les principaux matériaux de construction des maisons traditionnelles du quartier sont, le toub ou la terre, et le bois ; ceux-ci montrent qu'on utilisait auparavant que les matériaux locaux disponibles aux alentours de la ville [29].

Les constats de l'état des lieux qu'on a effectué dans les ruelles de ce quartier nous montrent :

- La présence de Fracturations et différentes fissurations (**Figure III.1.** ci-dessous), les travaux de transformation mal adaptés, les mouvements perpétuels dans le bâtiment et la perte des éléments de soutien ce qui provoquent des dégâts, ou entraîner carrément la ruine des constructions. (**Voir Figure III.1 et Figure III.2**).



**Figure III.1.** Fissure façade.



**Figure III.2.** Fissure profonde.

### Chapitre III Diagnostic des pathologies d'El Gharbia « Etude du cas de la maison BOUZIANI KHADIJA »

- Le processus naturel de la dégradation des matériaux est influencé par un niveau d'humidité et de moisissure tout particulièrement élevé, de même que par la cristallisation du sel, les propriétés de l'air, les caractéristiques du terrain. Dans les constructions en toub, la formation de fissures, la dégradation et le décollement des enduits.



**Figure III.3.** Décèlement des murs intérieur et extérieure et dégradation d'enduit.

- Dégradation des façades désintégration du mortier d'enduisage sont des conséquences de l'action de la pluie, et de l'érosion (**FigureIII.3**).



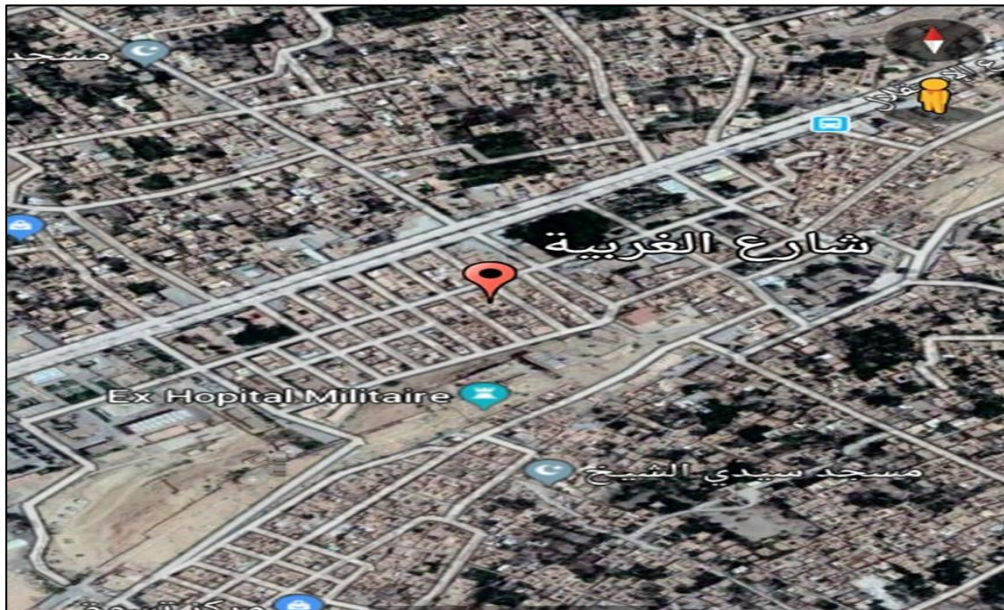
**Figure III.4.** Fissure sur le plancher terrasse.



### III-3/ Etude des cas pathologique de la Maison Bouziani Khadija à El Gharbia

#### III-3-1/ Site de la maison

La maison est située dans le quartier ouest du centre-ville El Charbia, elle est construite avec des matériaux simples et anciens. Elle se compose d'un rez-de-chaussée et d'un étage supérieur (R+1) avec Étude de la maison.( **Figure III.5**et **Figure III.6** et **Figure III.7**).



**Figure III.5.** Situation de la maison Bouziani D’El Gharbia. Internet Source: Google earthe.



**Figure III.6.** Plan de situation de la maison.



**Figure III.7.** La photo montre le devant de façade la maison



### III-3-2/ Présentation du bâti dégradé « Maison Bouziani »

La maison de Bouziani Khadija se compose de (R+1), appartenant à la famille Ben Salem et appartenant actuellement à la famille Bouziani. Le bâtiment date de 1700, Il a été construit par les Turcs, Lorsque l'explosion a eu lieu dans El Gharbia par le colonialisme français de 1948 ans, la maison n'a pas été touchée par l'explosion.

Il se caractérise par la cour intérieure, les galeries et les carreaux de céramique qui ornent les arches et les murs des façades intérieures. Il s'agit d'un bâtiment caractéristique de l'architecture de Laghouat.

La structure est en mur porteur en pierre avec des planchers de structure en bois

Les matériaux de constructions utilisés dans la maison sont :

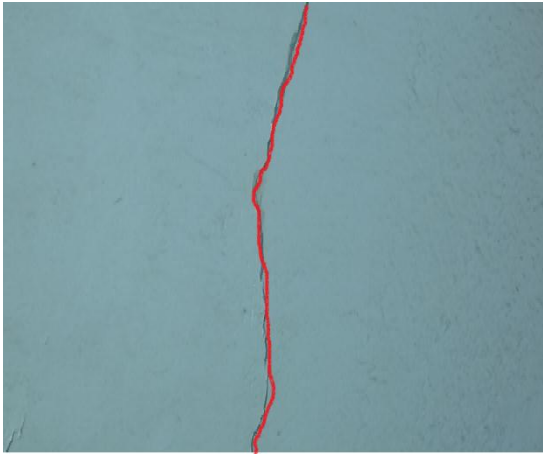
La paille, la brique en terre cuite, le bois, les roseaux et le mortier de chaux, Grillage à poule (Nid poule).

### III-3-3/ Désordres constatés

L'ensemble de ce bâti présente des signes de vieillissement et se trouve dans un état alarmant de dégradation. Plusieurs pathologies sont relevées lors de notre visite préliminaire, les plus importantes sont des fissurations (**voir Figure III.8 et Figure III.9 et Figure III.10**).



**Figure III.8.** Fissure superficielle.



**Figure III.9.** Fissure profonde



**Figure III.10.** Fissuration des escaliers



**Figure III.11.** Dégradation des enduits et revêtements.

### III-3-4/Etapes suivies pour le diagnostic

Le diagnostic consiste à identifier les causes en remontant l'enchaînement qui les a produites dans cet ordre : Dommage-Effet-Cause A cet effet il faut procéder aux différentes étapes pour déterminer les causes des dégradations constatées.

Le but du diagnostic est de compiler les informations relatives au projet, évaluer l'état de conservation du bâtiment et d'en déterminer les remèdes.

Cette étape prend en compte plusieurs éléments à savoir :

- Le principal système constructif du bâtiment, ainsi la période de la réalisation de la construction ;
- La technique de construction ;
- Déterminer l'état de dégradation de l'ouvrage ;
- La stabilité structurelle du bâtiment et ses ajouts secondaires ;
- La condition physique générale des éléments architecturaux.

Dans notre cas, la démarche du diagnostic a été effectuée sur plusieurs étapes :

#### **a. Le pré-diagnostic**

Il a été marqué par une séance de travail avec le propriétaire suivi d'une visite du site, du lieu à fin d'avoir une idée sur l'état de la maison avec la prise des photos.

#### **b. Les études pluridisciplinaires**

Cette étape consiste à collecter toutes les informations et documents tel que son historique, la nature de sol, plan de maison ...

#### **c. Le diagnostic**

Il a pour but de déterminer la nature des désordres survenus durant son existence afin de déterminer les techniques de réparation appropriées. Cette étape est très importante et mérite d'être développée pour prendre des décisions et des solutions adéquates aux désordres enregistrés.

#### **III-3-4-1/Relevé métrique**

Un relevé métrique a été effectué pour reconstituer le plan, déterminer les dimensions de la maison et la répartition des surfaces et ce par manque des plans. Ce relevé a nécessité l'utilisation d'un double décamètre qu'a été employé pour mesurer les grandes portées.

Les ouvertures des portes et fenêtres ont été mesurées à l'aide d'un instrument de mesure de 2m de longueur. L'opération du relevé métrique a duré une demi-journée. Une fois cette opération terminée on a procédé à la reconstitution du plan de la maison à l'aide de logiciel AUTOCAD. (Voir **Figure III.12** et **Figure III.13**).

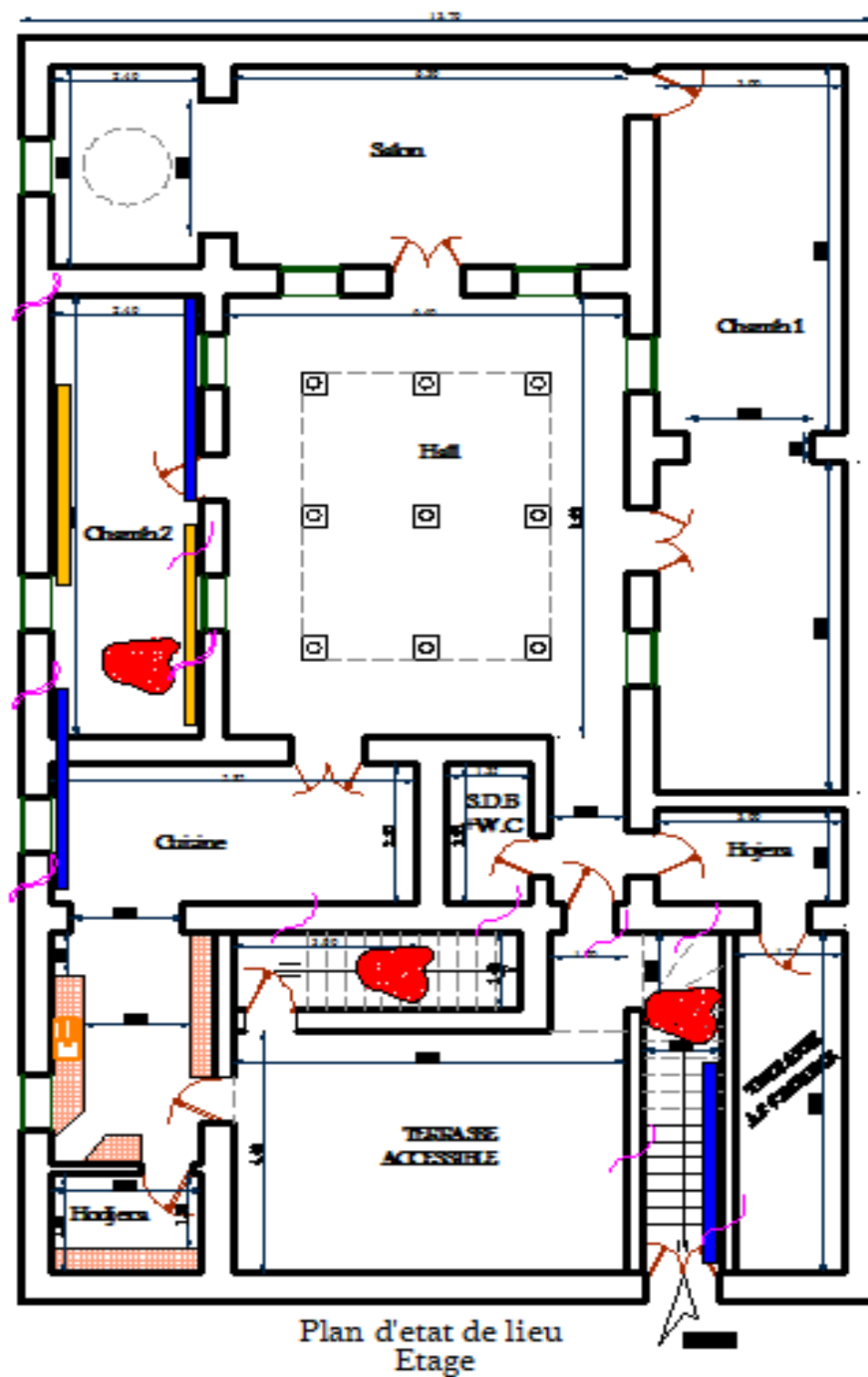


Figure III.12. Plan premier d'étage.

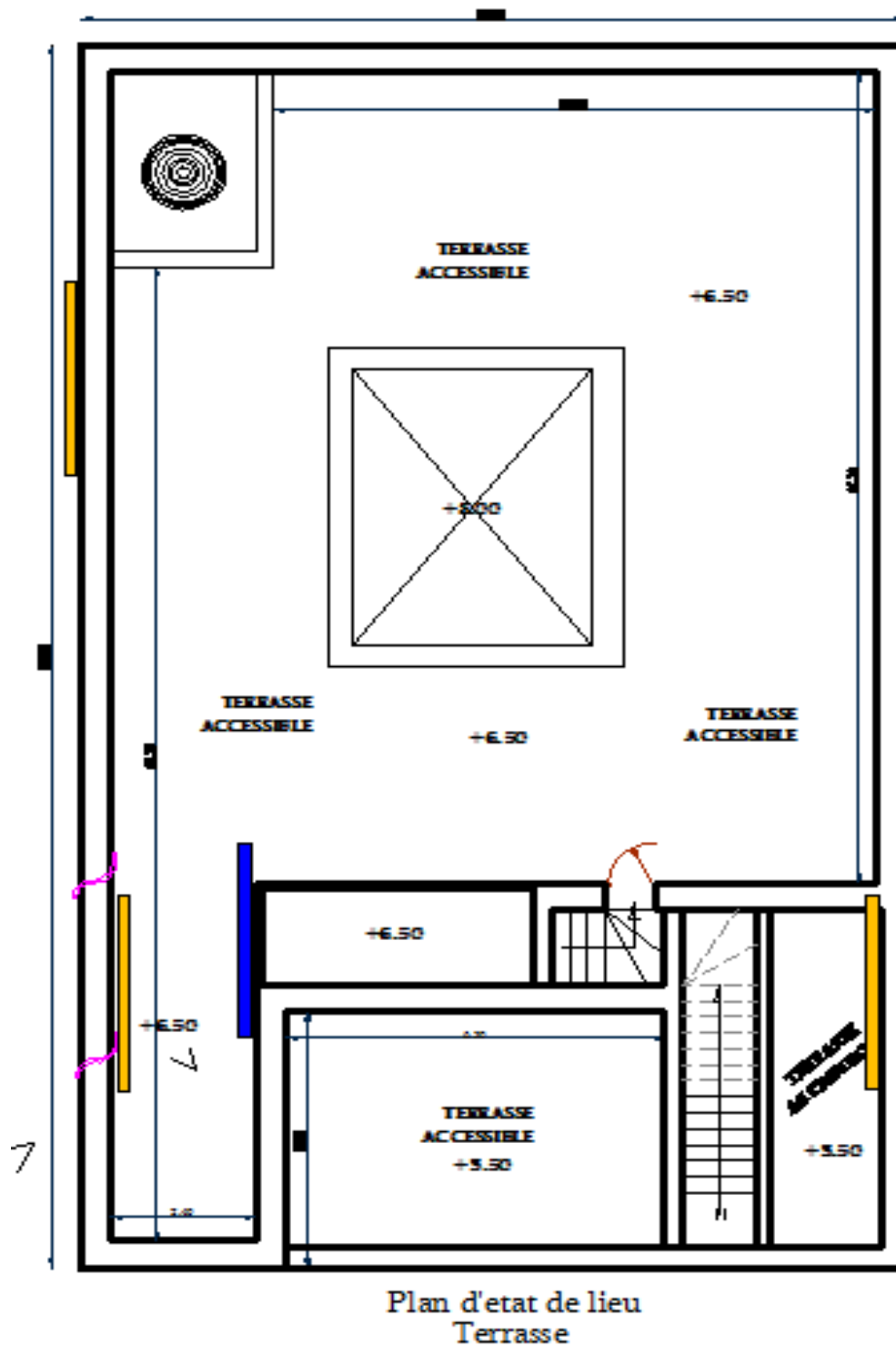


Figure III.13. Plan de terrasse.



### **III-3-4-2/ Relevé Pathologique**

Cette étape consiste à relever et marquer tous les cas pathologiques constatés dans notre projet. Les différentes étapes du relevé pathologique sont :

#### **A. Prise des photos**

Les photos ont été choisies et sélectionnées selon la destination des éléments à savoir une vue générale sur la maison ensuite plus détaillée des éléments qui constituent le projet ensuite des photos ont été prises sur les dégradations proprement dites.

Ces prises des photos des cas pathologiques sont indispensables pour localiser et définir l'emplacement des désordres au niveau du plan.

#### **B. Mesure des fissures**

Cette opération consiste à mesurer les fissures et déterminer la position, l'ouverture, la longueur et la direction (angle). Ces fissures sont ensuite matérialisées sur le lieu pour être positionnées sur les plans.

Durant cette opération on a enregistré la présence de 10 fissures de différentes natures et directions. Ces fissures sont superficielles à profondes.

#### **C. Mise en place des plaques témoins**

Ce dispositif de mesure consiste à vérifier l'évolution des fissures. Ces plaques témoins sont nécessaires pour un suivi à court, moyen et long terme.

- ❖ Les principaux dommages et dégradations relevés lors des visites d'inspection se présentent comme suit :

#### **1/- Murs**

- a. Enduit et peinture défectueux par l'effet de l'humidité et infiltration des eaux pluviales à travers les terrasses, murs en maçonnerie.
- b. Formation de salpêtre.
- c. Dégradation des enduits dénudation de la peinture.
- d. Le gonflement du mur et sa chute.

Des fissures superficielles au niveau du plancher et murs porteurs. **(Voir Figure III.14)**



**Figure III.14.** Pathologie sur les murs.

**2/ Façades**

- a. Décollement d'enduit sur certains endroits de la façade.
- b. La dégradation des revêtements.
- c. Des fissures profonde et verticale.

Dommages causés aux éléments décoratifs. (Voir Figure III.15)



**Figure III.15.** Pathologie sur les façades.

### **3/ Des planchers**

- a. Dégradation des plancher.
- b. Flexion des plancher.
- c. Dégradation matérielle (Le Bois de palmier et Le roseau) **(Voir Figure III.16).**



**Figure III.16.** Pathologie sur les planchers

### **4/ Terrasse**

- a. L'étanchéité de la terrasse est défectueuse avec une dégradation avancée laissant apparaître le support par endroit.
- b. Infiltration des eaux pluviales
- c. fissuration éparses facilitant l'infiltration des eaux de pluie.
- d. Dégradation par vieillissement du liant de liaison. **(Voir Figure III.17)**



**Figure III.17.** Pathologie sur le Terrasse

### III-3-5/Analyses des causes (origine des désordres)

#### III-3-5-1/ Les fissurations

Elles ont plusieurs origines, d'une part aux mouvements dimensionnels du bâtiment, aux mouvements de terrains, aux chocs thermiques, à l'utilisation de matériaux non conforme aux différents DTU (document technique unifié) ce sont les règles professionnelles que tous corps d'état se doit de connaître dans son domaine. Certaines fissures peuvent être d'ordre esthétique, dans ce cas il n'y a pas de péril pour l'ouvrage. Par contre si cette même fissure laisse pénétrer de l'eau, là il y a lieu d'intervenir, avec des moyens plus ou moins lourds.

- **La cause**
  - a. Surcharges des rajouts.
  - b. Les conditions climatiques elles-mêmes malmènent les fondations et les murs.
  - c. L'humidité.
  - d. Tassement de sol. . (**Voir Figure III.18 et Figure III.19 Figure III.20 et Figure III.21**)



### Chapitre III      Diagnostic des pathologies d'El Gharbia « Etude du cas de la maison BOUZIANI KHADIJA »

---



**Figure III.18.** Fissure profond



**Figure III.19.** Fissure verticale



**Figure III.20.** Des fissures superficielles au niveau du plancher et murs porteurs



**Figure III.21.** Fissure profonde réparée.



### III-3-5-2/ Problème d'humidité

od'aération. L'humidité est présente dans toutes les pièces et cuisine.

Dégradation des enduits dénudation de la peinture.

- **La cause**
  - a. Infiltration d'eau de pluie. **(Voir Figure III.22)**



**Figure III.22.** Présence de l'humidité

### III-3-5-3/vieillessement du matériau

Les matériaux utilisés ont atteint un degré d'altération important comme la montre les figures. Cette dégradation est due à l'âge, au manque d'entretien et des facteurs externes (climat, sollicitation).

- **La cause**
  - a. âge de la maison
  - b. Le manque d'entretien **(Voir Figure III.23).**



**Figure III.23.** Vieillessement de matériau

#### III-3-5-4/Flexion des planchers

Cette flexion du plancher est constatée au niveau de la chambre et la cuisine. (Voir Figure III.24)



**Figure III.24.** Flexion du plancher

- **La cause**
  - a. âge de la maison.
  - b. La Surcharge.
  - c. Perméabilité à l'eau de pluie.

### **III-3-6/Solutions et Techniques de restauration**

Nous évoquerons les expériences et situations concrètes des travaux de restauration cités dans la littérature pour en tirer les solutions dont nous aurons besoin pour notre étude.

Il est souhaitable de conserver les éléments et matériaux qui sont des témoignages du patrimoine. Au-delà du simple entretien normal, il faut protéger les pierres utilisées pour les façades qui constituent les parties ornementales ou des éléments constructifs de protection comme les bandeaux, les corniches.

#### **III-3-6-1/ Nettoyage**

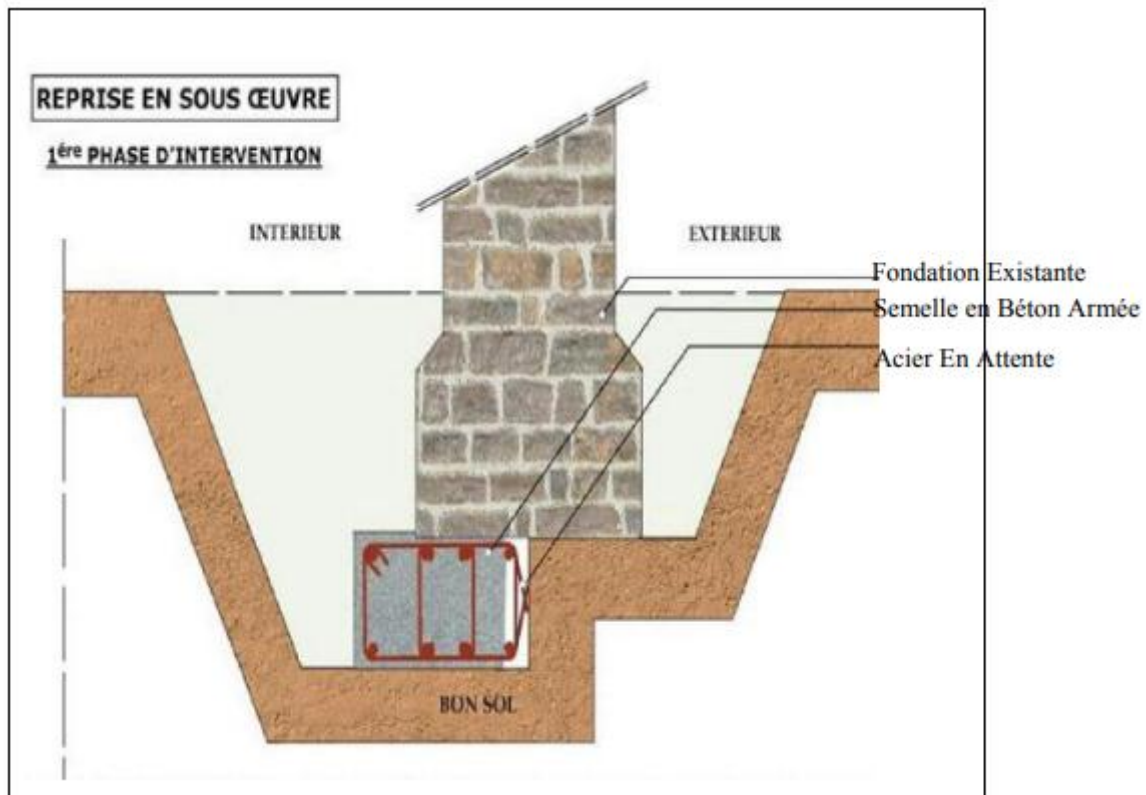
Cette opération, apparemment facile, est assez délicate et peut entraîner des effets quelquefois irréversibles (endommagement département). Les nombreux problèmes que l'opération de nettoyage peut provoquer conduisent, par expérience, à montrer que ce travail nécessite d'être abordé avec précautions en prenant en compte le maximum d'informations pour obtenir les résultats optimaux garantissant la conservation de la pierre. **[30]**

#### **III-3-6-2/ Reprises en sous-œuvre des semelles**

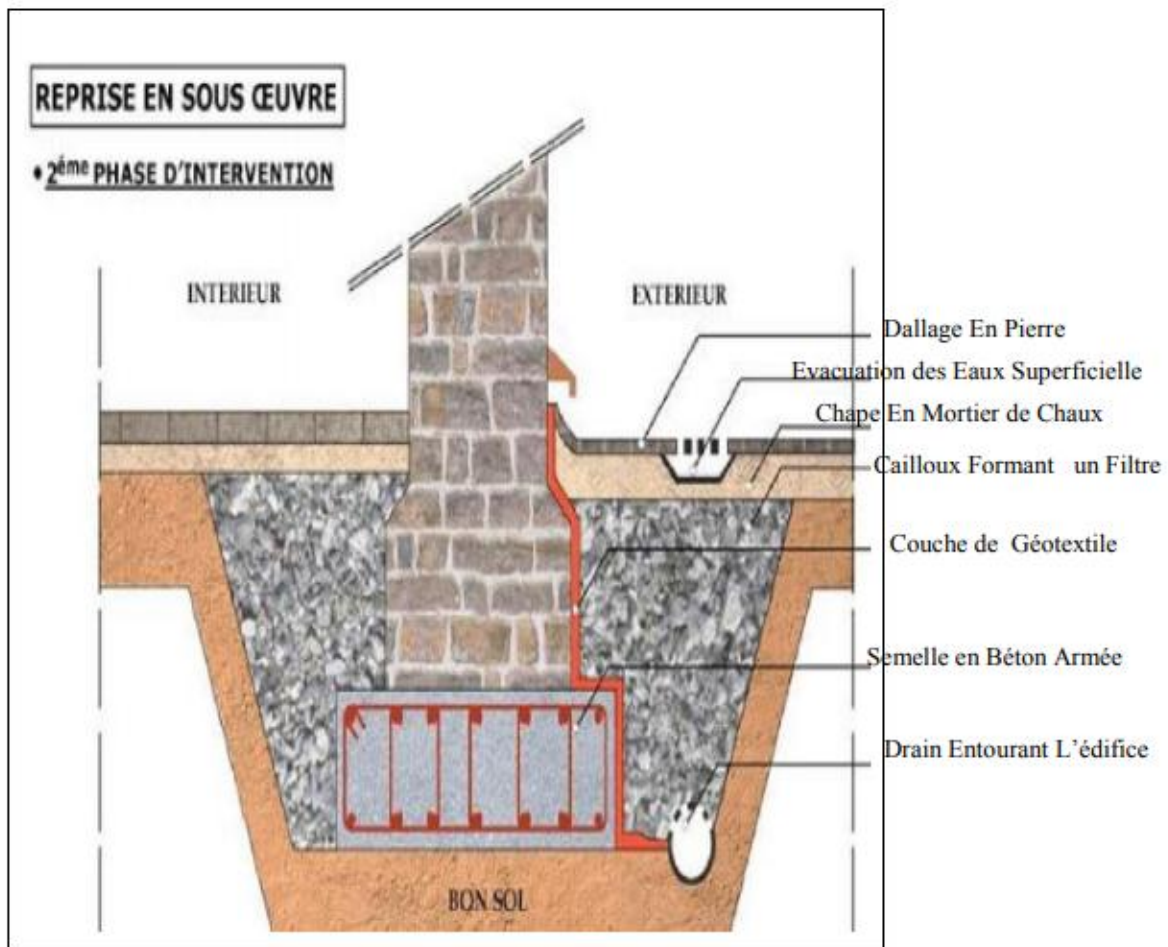
Après l'évaluation de la charge transmise au sol par les fondations, on pourra définir la dimension convenable de la semelle pour assurer la stabilité du mur. Dans le cas d'un bon sol selon (Brenda, P 1993) **[31]**, il suffit d'élargir les semelles afin d'augmenter la surface de répartition de la charge 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. **[31]**

- L'opération doit s'exécuter par tronçons alternés afin de ne pas laisser une trop grande largeur de fondation hors appui (Voir Figure III.25 et Figure III.26). [32]



**Figure III.25.** Première phase d'intervention de reprise de sous œuvre [33]



**Figure III.26.** Deuxième phase d'intervention de reprise de sous œuvre. [33]

#### III-3-6-3/ Traitement des sols par injection

La technique consiste à introduire, sous pression dans le sol à partir de forages répartis selon des mailles primaires et secondaires, un mortier (à base de ciment ou autres liants) à angle de frottement élevé afin d'augmenter le niveau de contrainte jusqu'à atteindre le niveau de consistance recherché, et réduire les déformabilités du terrain sous les charges existantes ou supplémentaires appliqués. Ce procédé permet aussi l'étanchement des terrains afin de réduire les débits d'infiltration au travers des terrains, et réduire les risques d'érosion des parties fines ou soluble du sol. [34]



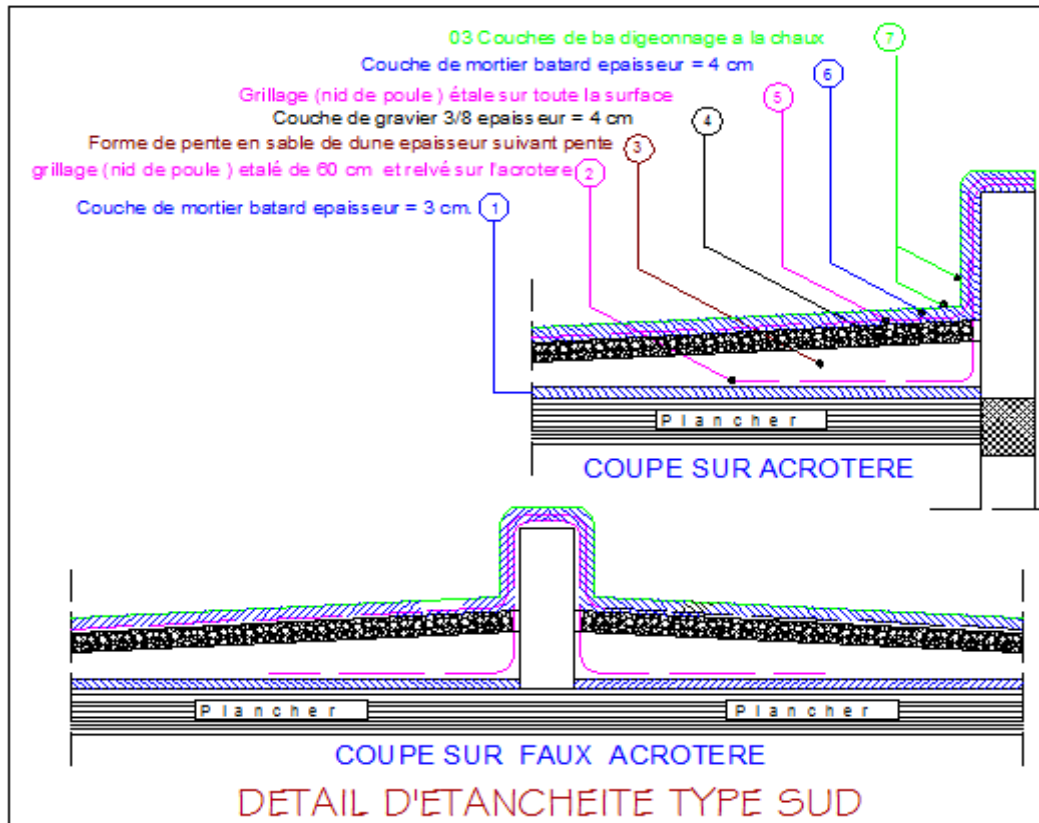
### III-3-6-4/ Les planchers

Lors de nos visites nous avons rencontré une variété de typologies de planchers, ces derniers varient selon la portée et la nature des matériaux localement disponibles. D'une manière générale, les planchers des maisons traditionnelles en terre, sont principalement en structure bois. Ils sont constitués d'une double ossature composée de poutres formées par des troncs de bois brut : palmier pour le toub (**Figure III.27**), perpendiculaire aux murs les plus longs de la maison et d'une ossature secondaire constituée de branches d'arbres bruts disposées perpendiculairement aux poutres. La finition est composée d'une couche de pierre et de terre compactée, parfois mélangée à la chaux. (**Voir Figure III.27et Figure III.28**).



**Figure III.27.** Plancher traditionnel.

La réfection de l'étanchéité saharienne suit la (Figure III.27 ci-dessous).



**Figure III.28.** Coupe sur faux acrotère.

#### III-3-6-5/ Réparation des fissures sur les murs

Les fissures qui ne sont plus évolutives peuvent être simplement rebouchées avec un mortier à prise lente et sans retrait (chaux aérienne et sable tamisé).

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.

On a deux types de traitement des fissures

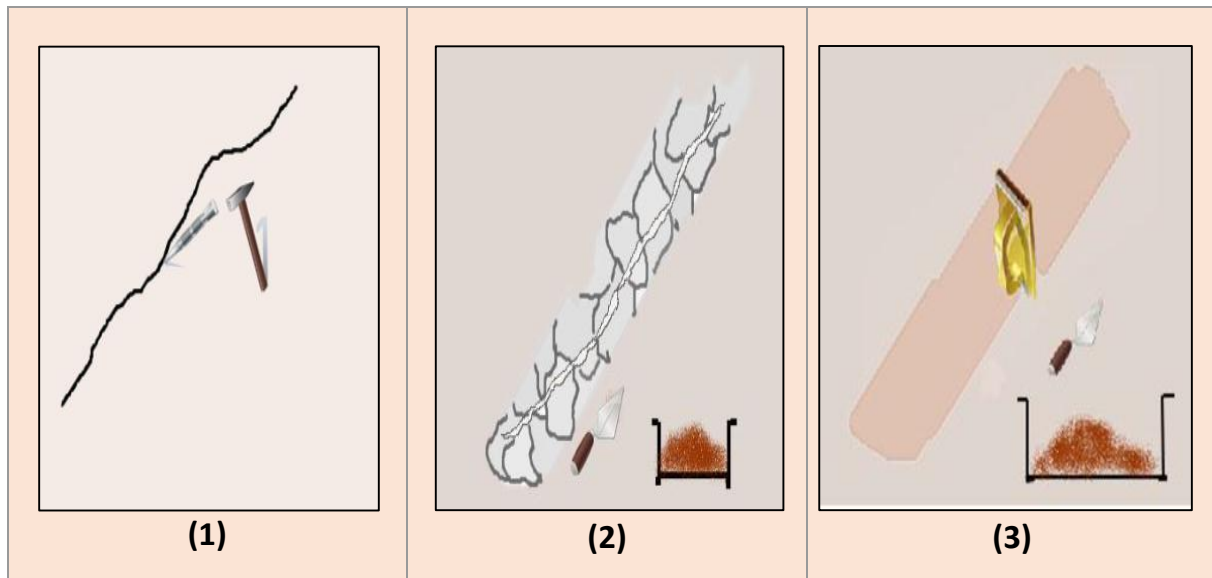
##### **1. Traitement des fissures superficielles**

Les fissures superficielles sont des petites fissures au niveau de la couche d'enduit.

Pour réparer ses dégâts on passe au traitement suivant :

- Enlever toute la partie endommagée de l'enduit jusqu'à atteindre la partie saine [Figure 29.1 (1)].
- Nettoyer la surface décapée à l'aide d'une brosse

- Humidifier la surface de travail.
- Procéder à la mise en place d'un enduit classique (01 volume de chaux plus 02 volumes du sable) [Figure 29.1 (2)].
- Une finition traditionnelle à l'aide d'une taloche [Figure 29.1 (3)]. **[35]**



**Figure III.29.1** Traitement d'une fissure superficielle.

## **2. Traitement des fissures profond par la technique des agrafes**

La mise en œuvre de cette technique est faite comme suite :

- Décaper les enduits autour de la fissure à l'aide d'un ciseau et marteau [Figure.29.2 (1)]
- Nettoyer la surface par une brosse.
- Préparation des armatures d'acier ( $\phi 8$ ) de forme des agrafes
- Fait des trous de diamètre ( $\phi 6$ ) par une perceuse dans les deux côtés de la fissure [Figure 29.2 (2)].
- Introduire les agrafes dans les trous à l'aide d'une massât [Figure 29.2 (3)].
- La finition par un mortier bien dosé en ciment [Figure 29.2 (4)]. **[35]**

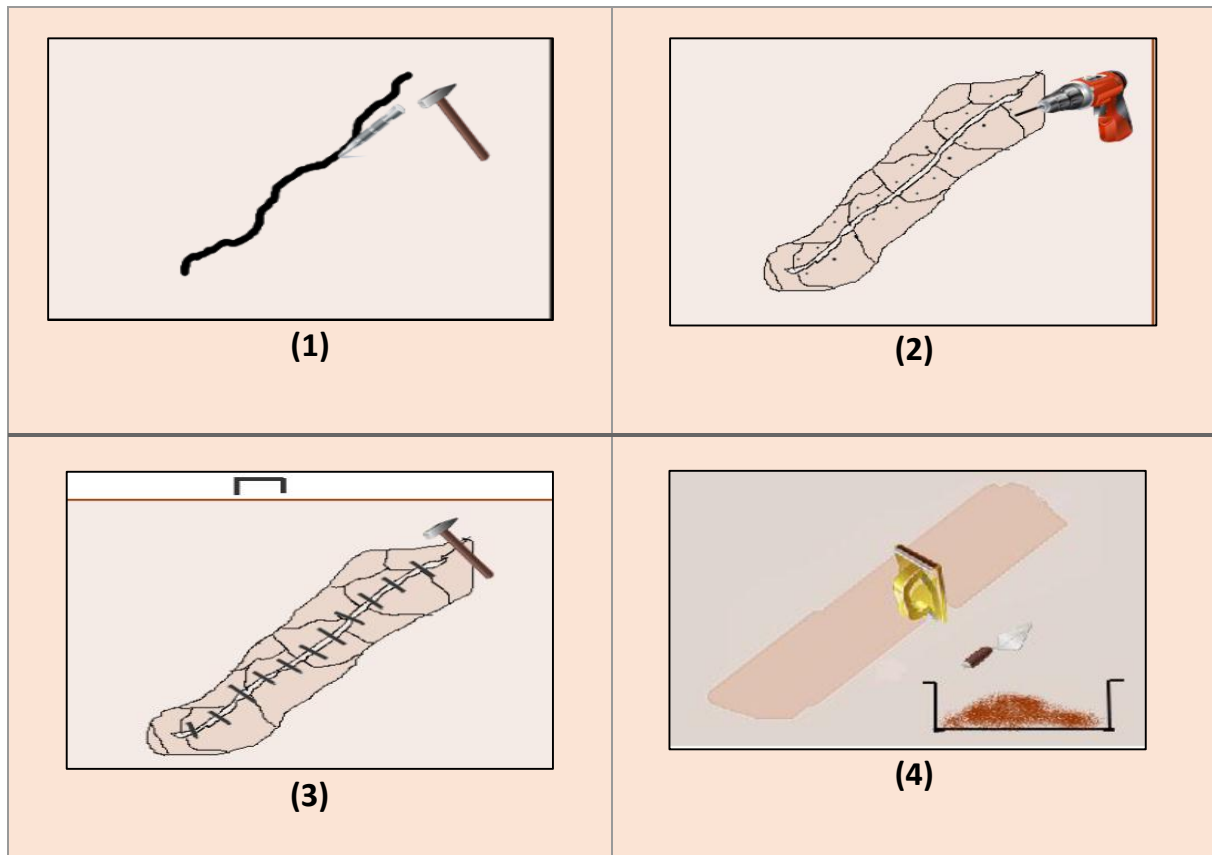


Figure III.29.2. Technique des agrafes

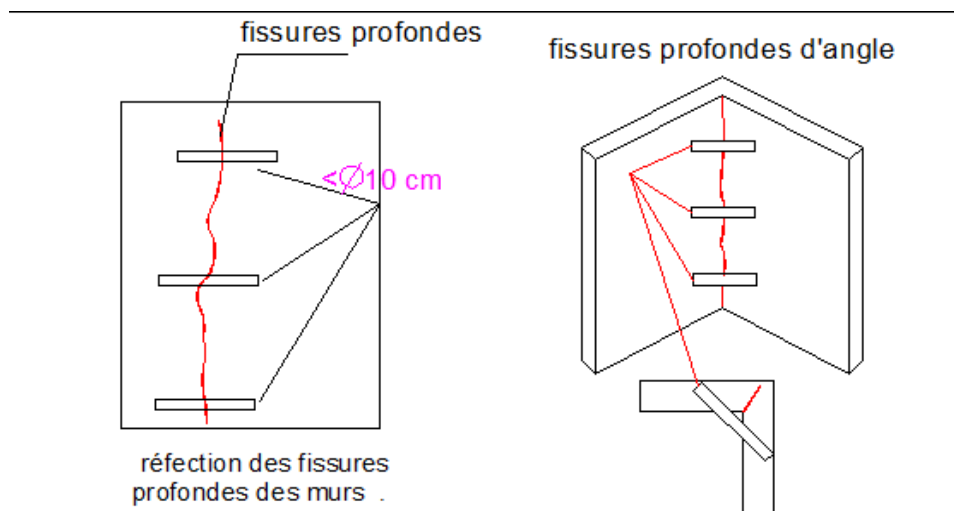


Figure III.30. Réfection fissure profonde

### III-3-6-6/ Les travaux de maçonnerie traditionnelle

On propose les activités suivantes :

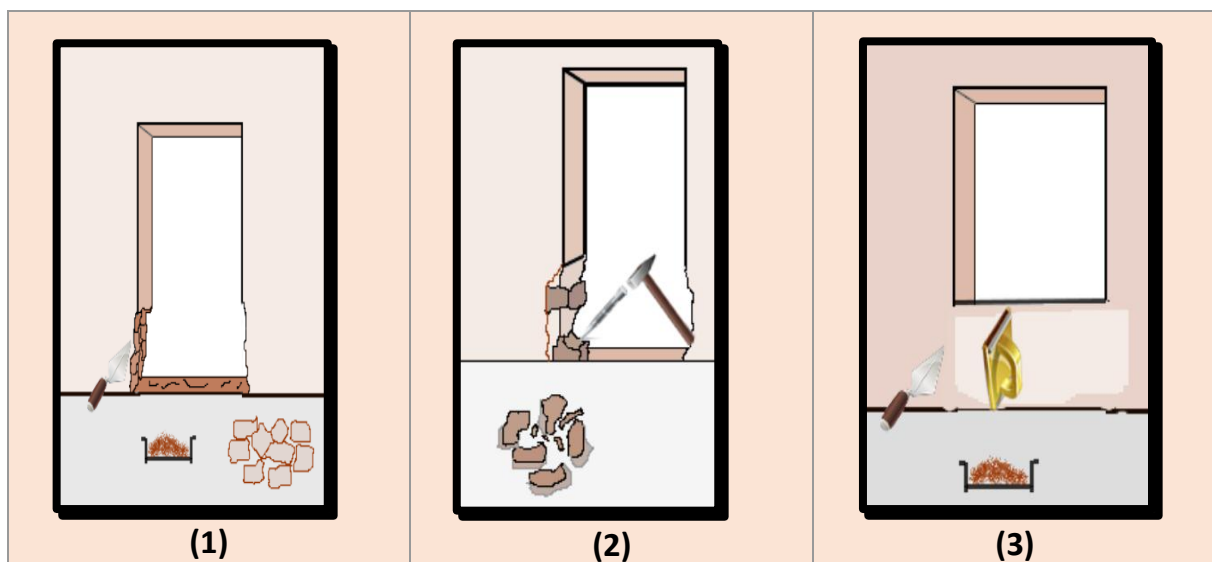
- La réalisation d'enduits traditionnels à la chaux.
- La réalisation d'enduits fins et badigeons.
- le pavage ou dallage en briques ou en pierres.
- La réalisation de murs en maçonnerie à pierres crues ou à pierres sèches.
- La réalisation de murs en maçonnerie avec mortier de chaux ou de terre.

### III-3-6-7/ Réfection des murs endommagés

L'intervention doit se faire en douceur. Il ne s'agit pas d'une remise à neuf, mais simplement de respecter l'histoire de ces vieux murs.

Pour réparer les murs démoulés nous avons préconisé les étapes suivantes :

- Enlever les pierres instables et nettoyer les surfaces dégagées à l'aide d'une brosse [Figure 31 (1)].
- La reconstruction des murs démoulés avec la même manière et la même nature des pierres [Figure 31 (2)].
- préparer un mortier de chaux plus ciment pour assembler les pierres. [35]



**Figure III.31. Réparation des murs démolis**



### III-3-6-8/ Changement des canalisations des eaux de pluie

Cette opération consiste à mettre en place des canalisations afin de collecter les eaux pluviales et d'éviter leur stagnation.

### La lutte contre l'humidité

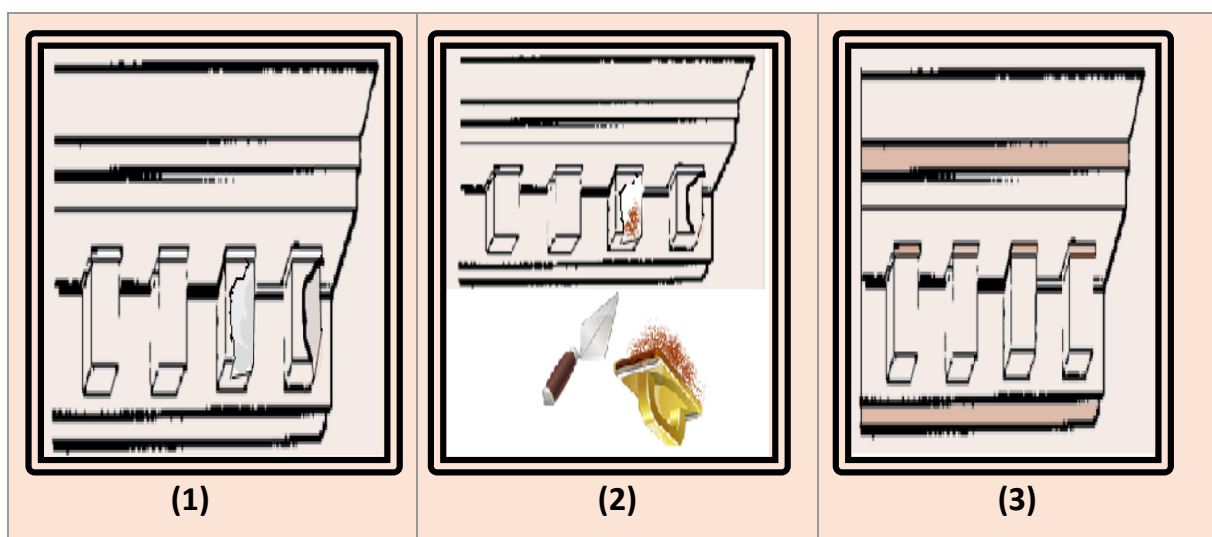
Les procédés de traitement des problèmes d'humidité sont nombreux et comportent beaucoup de variantes :

- drainer les zones humides en insérant des terres cuites en V munies d'un fil de laiton.
- utilise un procédé empêchant les remontées capillaires par l'insertion de feuilles de plomb juste au-dessus des fondations après sciage de la maçonnerie. Ce procédé comme le recours à des procédés électroniques d'assèchement, semble plus souvent utilisé sur les chantiers concernant les monuments historiques.

### III-3-6-9/ Traitement des façades

Les travaux sur la façade doivent respecter l'aspect architectural du bâtiment

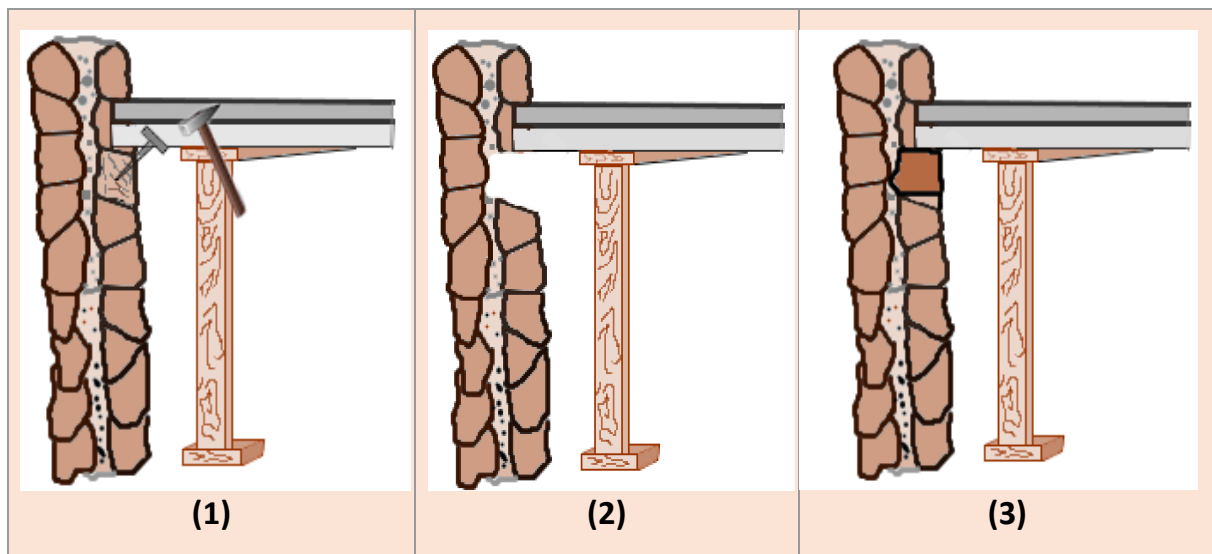
- La reprise des éléments décoratifs endommagés et le refaire par la sculpture de plâtre
- Décaper les zones dégradées (les fissures en plaque) et le refaire avec les mêmes matériaux et la même texture.
- Nettoyage des surfaces de la façade à l'aide d'une brosse.
- La peinture de la façade ne doit pas être par une peinture d'huile pour assurer la respiration des murs en maçonnerie [35].



**Figure III.32. Réparation des éléments décoratifs**

#### III-3-6-10/ Réparation des appuis des nervures

- Un bon étayage de la nervure [Figure 33 (1)].
- Enlever la partie des pierres endommagées au-dessous de la nervure [Figure 33 (1)].
- Nettoyer et humidifier la zone par l'eau [Figure 33 (2)].
- Poser une nouvelle pierre de la même caractéristique au-dessous de nervure avec un mortier de chaux [Figure 33 (3)].
- Refaire les enduits de finition. [35]



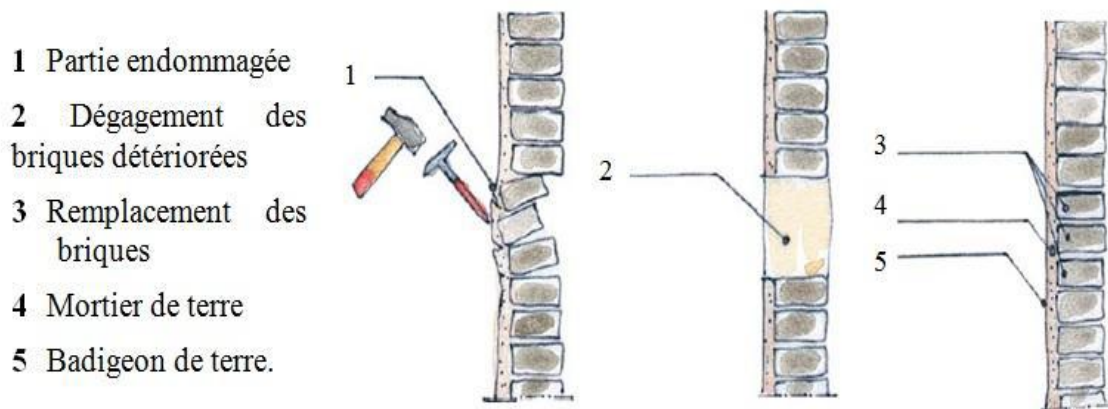
**Figure III.33.** Etapes de réparations au niveau des appuis des planchers.

#### III-3-6-11/ Reconstructions des murs

##### a. Réparation d'une détérioration partielle

Avant d'entreprendre les travaux de réparation, il faut tout d'abord prévoir des mesures de sécurité par la mise en place d'étalement au niveau des parties en contact direct avec le mur à réparer (Figure 34), ensuite procéder par les étapes suivantes :

- Démontez la partie abîmée et réservez les matériaux recyclables.
- Nivelé la base avant de reconstruire et humidifier.
- Remplacer la pierre dégagées par de nouvelles unités, les appareiller ensuite avec un mortier de liaison à la chaux.
- Insérer si nécessaire des renforcements dans le mortier au cours de la reconstruction. [36]



**Figure III.34.** Méthode de réparation partielle d'un mur en brique de terre crue.

#### III-3-6-12/ Maintien des poutres en bois

On peut maintenir les poutres en bois par autres en acier non oxydable qui peuvent être utilisés sous différentes formes et différentes façons, voici quelques exemples faciles à réaliser :

- a. Premier exemple : le maintien de la poutre en bois se fait par deux poutres en acier placées sur les deux côtés de la poutre en bois, on peut utiliser les formes "i", "H" et "U" et les deux poutres sont raccordées par une plaque en acier.
- b. On maintient la poutre en bois par une autre en acier, qu'on dépose au-dessous et en parallèle, on fixe la poutre par deux plaques en acier.

Troisième exemple : le maintien de la poutre en bois se fait avec une autre en acier qu'on met au-dessus perpendiculairement. On fixe les deux poutres avec deux plaques en acier ; la première se met sous la poutre en bois et la deuxième sur celle en acier, et doit être fixée avec de gros clous [37]. (Voir Figure III.35).



**Figure III.35.** Maintien des poutres en bois par autres en acier.

#### III-3-6-13/ Ravalement des façades

Le ravalement des façades est une étape nécessaire pour la requalification de la maison, Il s'agit de conserver les murs, et de faire en sorte de les rendre plus sains et plus durables. [38]  
(Voir Figure III.36)

Un bon ravalement de façade va consister en une remise à neuf. Les trous et fissures seront rebouchées, la façade sera nettoyée ou le revêtement façade remplacé. [38]

Quel que soit le matériau principal, plusieurs étapes sont nécessaires pour effectuer un ravalement de façade : [39]

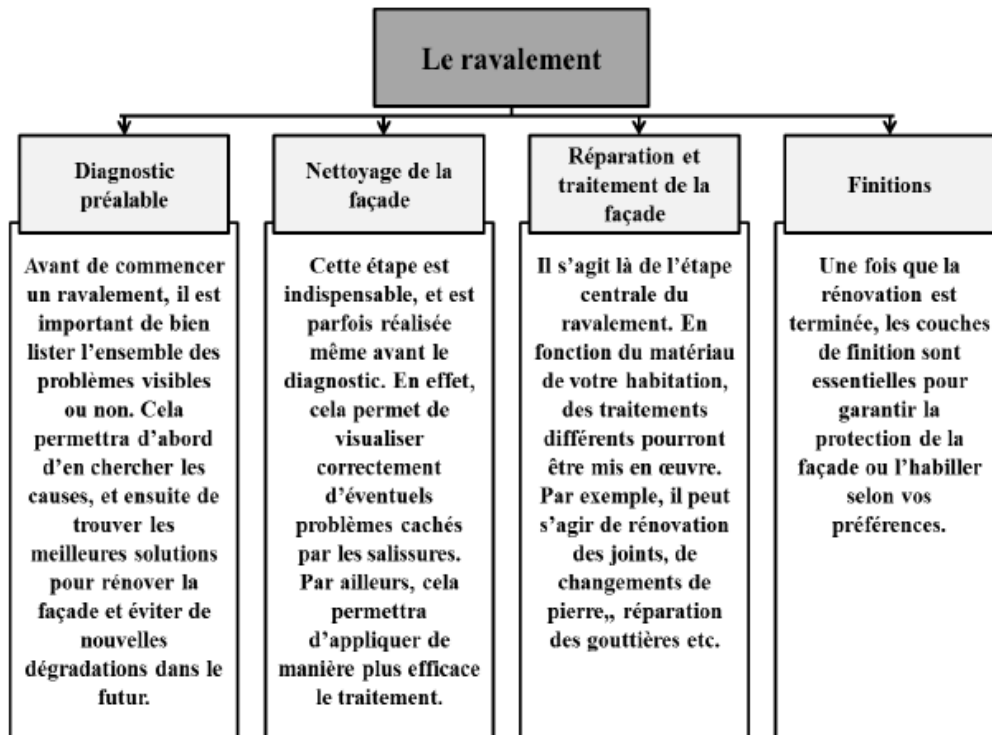


Figure III.36. Les étapes de ravalement

### III-4/ Travaux d'urgence

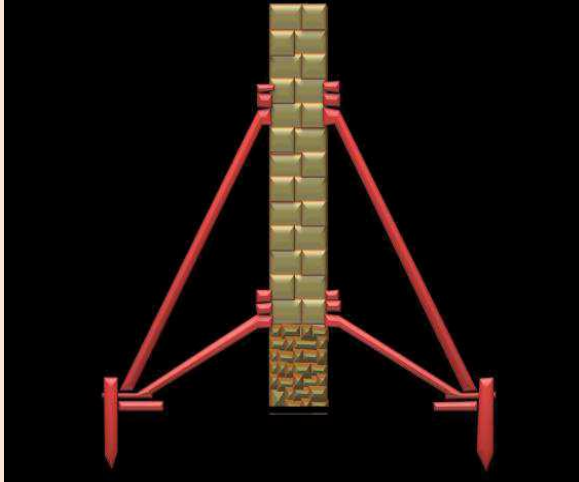
C'est une procédure primaire protection provisoire pour arrêter la détérioration permanente qui menace le bâtiment.

#### A. Au niveau des façades et des murs :

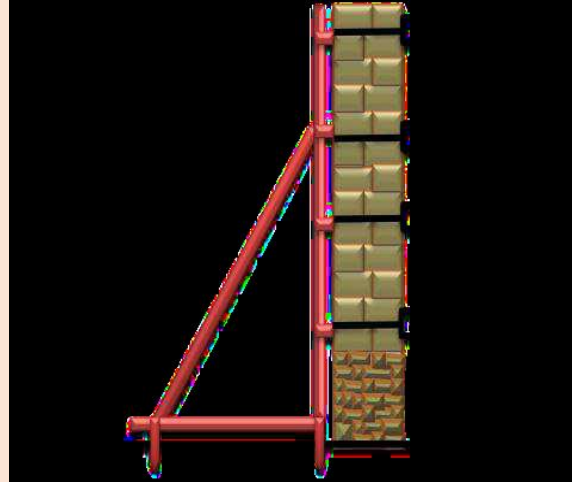
- Faire des supports au niveau des façades et des murs qui souffrent de fissures profondes avec des étalements en bois ou en métal incliné et en les supportant dans le sol ou dans les façades correspondantes. [40]
- Démolir les parties de façades qui sont irréparable pour éviter le risque de chute.

Protéger le haut des murs et façades de l'érosion et intempéries avec une couche de chaux. [40] (Voir Figure III.37 et Figure III.38).





**Figure III.37.** Le soutènement d'une partie du mur dans les deux cotées



**Figure III.38.** Le soutènement d'une partie du mur dans une seule cotée

#### **B. Au niveau des planchers :**

- Consolider les plancher menacé de s'effondrer en raison de leurs mauvaises conditions techniques ou en raison de l'effondrement des murs porteurs préconiser les étaielements en bois ou en métal.
- La démolition des plancher irrécupérable.
- Couvrir les plancher avec des plaques métalliques ou en utilisant une couverture en plastiques temporaire et dans les deux cas on doit utiliser des goupilles pour le réseau de drainage éloigné les câbles électriques des plafonds en bois pour éviter les incendies. [40]

#### **C. Au niveau des fenêtres et des portes :**

- Préserver toutes les portes et fenêtres spécialement ceux avec un cachet identitaire local jusqu'à leurs remise en bon état et en place.
- Consolidation des fenêtres et des portes au niveau des murs
- menacés de s'effondrer. [40]

**D. Remplacement physique de la partie endommagée :**

- Il s'agit de remplacer le matériau de la partie fissurée, bombée ou menacée par la dégradation et de reconstruire avec le même matériau ou d'autres dont la résistance et la déformabilité seront similaires. [41]

**III-5/ Enduit proposé pour les façades**

On a proposé un enduit qui s'adapte avec l'architecture de la maison de point de vue des composants et de la couleur :

- Enduit constitué de la chaux naturelle grasse mélangé avec du sable.
- Traiter les façades par la même couleur et texture afin de lui donner un aspect uniforme, bien évidemment, la couleur proposé est étroitement liée aux matériaux locaux utilisée dans les façades.
- La peinture des éléments de menuiseries extérieures.

**III-6/ Menuiseries proposée**

On a proposé une menuiserie qui s'adapte avec l'architecture de la maison de point de vue la forme et la couleur :

- Remplacement ou restauration des fenêtres et des portes.
- Réparation et remise en jeu des menuiseries existantes défectueuses.

**III-7/ Fiche technique du rapport de diagnostic « Maison Bouziani »**

Une fois toutes les étapes de diagnostic sont achevées et après analyses et discussion des solutions proposées nous avons élaboré une fiche technique sur plan AUTOCAD qui montre les différents problèmes pathologiques rencontrés sur le site de la maison avec les solutions et technique de réparation à adopter pour chaque cas.

### **Chapitre III      Diagnostic des pathologies d'El Gharbia « Etude du cas de la maison BOUZIANI KHADIJA »**

---

Les détails des diagnostics et des travaux et restaurations proposés sont notés sur les fiches techniques : FicheT1 ; Fiche T2 ; Fiche T3

## **Conclusion Générale**

Ce travail nous a permis de bien comprendre la valeur de nôtres patrimoines et le protéger contre toutes les menaces naturelles et humaines malgré le manque de données. À ce titre, nous avons fait une recherche sur les anciennes maisons de la ville de Laghouat plus précisément la maison des *BOUZIANI Khadija*. Notre intervention sur cette maison a permis de suivre une méthodologie pour un projet de restauration adéquat qui a commencé par un Pré-diagnostic, mesures d'urgence, étude pluridisciplinaire puis un projet de restauration.

Donc pour intervenir dans un bâti ancien il faut des spécialistes qualifiés et des techniques spéciales tout en respectant la structure, les matériaux et plus nécessaire l'image patrimonial. L'ors du diagnostic de la maison *BOUZIANI Khadija*, nous avons pu relever les problèmes qui ont causés les dégradations. Parmi les points essentiels qui ont contribué à ces dégradations :

- L'âge du bâtiment (vieillesse)
- Manque d'entretien
- Humidité
- L'explosion qui est survenu en 1948
- Tassement différentiel du sol en place

Une fois les causes des dégradations connues, nous avons par la suite pu proposer des solutions qu'on peut adopter et qui sont les suivantes :

- Le changement des planchers
- Décapages des enduits
- Réparation des fissures sur les murs
- Changement des canalisations d'eau
- Opération de peinture

Donc pour la sauvegarde de la maison, il est indispensable de respecter les recommandations citées ci-dessus.

Pour maintenir et préserver cette maison, il y a lieu de procéder à un entretien périodique et efficace afin d'éviter toutes dégradations prématurées.

## ***Conclusion Générale***

---

En conclusion, la restauration des anciennes constructions et édifices historiques mérite d'être étendu à toutes nos villes et en particulier les sites qui se trouvent dans des régions classées patrimoine national afin d'être préservé et valorisé.

***« Chaque mur qui tombe, c'est une partie de notre mémoire qui disparaît, sans qu'un geste soit fait ».***

---

## Références bibliographiques

---

- [1] **ISERE** ; « patrimoine en Isère ; Agir sur le bâti » <http://www.isere-patrimoine.fr> ;  
Septembre 2012.
- [2] **BRIK.B et SMAALI.A**, «la réhabilitation des ksour de la veille ville de Nigrine, Cas  
d'études : (Types de maisons ksouriennes)» Mémoire de fin d'études de Master,  
Université Larbi Tébessi – Tébessa, 2015/2016, pp. 08-09/54-68.
- [3] **Site web**, <http://totemterreetcouleurs.blogspot.com/2012/05/les-briques-de-terre-crue-35147-cm.html>; consulté le 13/04/2019 ( 1<sup>ère</sup> fois).
- [4] **TIFFRENT Fayçal** ; « ETUDE ANALYTIQUE DE L'HABITATION TRADITIONNELLE  
AURESSIENNE (CAS DE MENAA) » ; Mémoire de fin d'études Master ; 2016.
- [5] **Site web**, <https://www.cauvin-fourrages.fr/type-de-foins/la-paille/>; consulté le  
13/04/2019 ( 1<sup>ère</sup> fois);
- [6] **Site web**, <http://www.ideesmaison.com>; consulté le 25/04/2019 ( 1<sup>ère</sup> fois).
- [7] **Site web**,  
[https://leguido.com/?page=archives&BDDQRY\[Titre\\_fr\]?2=Artisans+du+roseau;](https://leguido.com/?page=archives&BDDQRY[Titre_fr]?2=Artisans+du+roseau;)  
consulté le 25/04/2019 ( 1<sup>ère</sup> fois).
- [8] **TALBI ilyas** ; «Réhabilitation d'une maison Traditionnelle à SIDI OUZEN» TLEMCEN  
», Mémoire de fin d'études Master ;
- [9] **Site web**, <http://www.guehenno-online.fr/dimension-bastaing-bois-materiaux-charpente-2092/>; consulté le 10/05/2019 ( 1<sup>ère</sup> fois).
- [10] **Site web**, <https://directinfo.webmanagercenter.com/2013/04/29/tunisie-journee-detude-sur-la-valorisation-des-dechets-des-palmiers/>; consulté le  
10/05/2019 ( 1<sup>ère</sup> fois).
- [11] **Site web**, <http://junior.universalis.fr/encyclopedie/argile.html>; consulté le  
10/05/2019 ( 1<sup>ère</sup> fois).
- [12] **Site web**, <https://www.lavieepanouie.com/les-bienfaits-de-largile-partie-1/>;  
consulté le 10/05/2019 ( 1<sup>ère</sup> fois).



## Références bibliographiques

---

- [13] **Site web**, [junior.universalis.fr/encyclopedie/calcaire.html](http://junior.universalis.fr/encyclopedie/calcaire.html).
- [14] **Site web**, <http://cmdseneal.com/chambre-des-mines-le-calcaire/>; consulté le 10/05/2019 ( 1<sup>ère</sup> fois).
- [15] **Site web**, <https://ludhomes.com/2016/05/01/les-matieres-premieres/>.
- [16] **Site web**, [https://www.pierreseche.com/AV\\_2012\\_ameur\\_djeradi.htm](https://www.pierreseche.com/AV_2012_ameur_djeradi.htm); consulté le 12/05/2019 ( 1<sup>ère</sup> fois).
- [17] **Site web**, <https://www.dreamstime.com/stock-photo-inner-architecture-algerian-casbah-villa-pictures-shows-central-patio-built-algeria-alger-image38724540>.
- [18] **STAP- Service** Territorial de l'Architecture et du Patrimoine du Calvados en France ; « Intervenir sur le bâti ancien » ; Fiches conseils ; 02janvier 2013.
- [19] **Bonelli (R)**,architectura e retauro Venise nerirozza 1959.
- [20] **Site web**, <https://airalgerie.dz/planifier-votre-voyage/nosdestinations/laghouat/>; consulté le 12/05/2019 ( 1<sup>ère</sup> fois).
- [21] **Site web**, <https://fr.slideshare.net/yahiaout/restauration-du-bati-ancien>; consulté le 12/05/2019 ( 1<sup>ère</sup> fois).
- [22] **BOURZGUE TOUFIK et DAIKH YUCEF** ; «Méthodes de réhabilitation et de restauration du patrimoine ancien de la ville de Laghouat » ; Mémoire de fin d'études Master ; 2013 ;
- [23] **Site web**, <https://www.climamaison.com/lexique/renovation.htm>; consulté le 14/05/2019 ( 1<sup>ère</sup> fois).
- [24] **Site web**, <https://www.humidite-assechement-paris.fr/photos>; consulté le 14/05/2019 ( 1<sup>ère</sup> fois).
- [25] **Outil 5** ; Comprendre les désordres structurels
- [26] **M. CHETTIH, A.** « La Presservation du patrimoine architectural ».
- [27] **Yaacov Schaffer** « Commencer par un pré-diagnostic précis ».
- [28] **Site web**, <https://www.over-blog.com/> L'historique d' El gharbia

## Références bibliographiques

---

- [29] **Kazi Hadj Mahmoud** ; « Laghouat ville belle, rebelle et éternelle »,1<sup>ère</sup> édition ,2011.
- [30] **Paul Kalck**, «La restauration du patrimoine architectural», Activités des entreprises et offre de formation, place de la Joliette, BP 21321, 13567 Marseille cedex 2.
- [31] **BRENDA. P** ;« Bâtiment en maçonnerie, analyse des déséquilibres statiques et techniques de consolidations, EPAU, Snasp » ,1993. <http://umc.edu.dz> université de Constantine.
- [32] **NAVARRO ; J-L** . «Diagnostic et traitement des pathologies structurales du bâtiment » publication- réf : 22310.dtou3240 - 26 juin 2006.
- [33] **SOUKANE.S- DAHLI.M** «les grands axes d'un guide technique de réhabilitation de l'habitat du 19ème et 20ème siècle. » ; Université Mouloud Mammeri TiziOuzou, ALGERIE; Rapport technique ; 2007 .
- [34] **CHANING S.** La chirurgie des structures, Réhabilitation structures enveloppe CATED » ; 1993.
- [35] **MEGUENNI MUSTAPHA et BEKHALED ABDELOUAHAB** ; «La réhabilitation d'un ancien bâtiment industriel R+3 « AIN TEMOUCHENT » », Mémoire de fin d'études de Master, UNIVERSITE ABOUBEKR BELKAID, TLEMCEM ;
- [36] **L. Idir Kaddour1, M. Dahli1** ; « Réhabilitation du patrimoine architectural en terre, un héritage à sauvegarder», Mémoire de fin d'études de Master ;
- [37] **Habboul Hanane**, l'homme et l'environnement, « la réhabilitation des Ksour sahariennes », Ksar Ain Madhi.
- [38] **Site web**, «<https://www.futura-sciences.com/maison/definitions/maison-ravalement10881/>»
- [39] **Site web**, «<http://www.ravalement-de-facade.info/>»

## Références bibliographiques

---

[40] **PPMVSA** « Plan Permanent De Mise En Valeur Et De Sauvegarde Des Sites Archéologiques », la direction de la culture de la wilaya de Laghouat, 2018, pp. 314-339.

[41] **HUGO HOUBEN et HUBERT GUILLAUD**, CRATerre Traité de construction en terre, Editions Parenthèses 20B06.

## عنوان المذكرة: ترميم منازل، ودراسة حالة منزل قديم بحي الغربية الاغواط

المؤطر: ضامن زينب

اللقب الاسم: عياشي سهيلة وشعيب فاطنة

ملخص: لتعزيز التراث المعماري المهمل والحفاظ عليه. اخترنا ترميم وإعادة تطوير منزل بوزياني خديجة في حي الغربية بوسط مدينة الاغواط.

في عملية ترميم منزل بوزياني، سنحاول إعادة بناء جميع الأجزاء المتدهورة ومعالجة التشققات باستخدام الطرق والتقنيات المناسبة للقيام بالعمل بشكل جيد، وكذلك استخدام المواد المحلية مثل الأحجار، الطوب والجير. لهذا الغرض، أجرينا دراسة نظرية تحتوي على مفاهيم تتعلق بالموضوع الذي عولج والمشكلة المطروحة، بالإضافة إلى الأهداف المتوخاة، وصف لمقاطعة الغربية وبيت بوزياني مصحوبة بتحليل محدد للمشكلة التي تحدد عوامل التدهور والتشوه. المرحلة الأخيرة من العمل هي ترميم المنزل من خلال العديد من العمليات ومعالجة الأضرار عن طريق الحلول المناسبة. مثل معالجة التشققات ومشكل تسريب مياه الأسطح.

كلمات مفتاحية: التشخيص، منزل بوزياني، ترميم، استعادة، علم الأمر/ض

---

Memory title: Restoration of built heritage, Case study of an old house located El Gharbia in Laghouat

Name First name: Ayachi Souhila et Chouaib Fatna

Directed by: Z.Damen

**Abstract:** For the enhancement of the neglected architectural heritage and its conservation. We opted for the restoration and redevelopment of the **Bouziyani Khadija** house in the Al Gharbia neighborhood in downtown Laghouat.

In the process of restoring the **Bouziyani** house, we will try to reconstruct all the degraded parts and to remedy the cracks by using the appropriate methods and techniques to do the work well, as well as the use of local materials such as stones, bricks and lime. For this purpose we carried out a theoretical study containing concepts related to the subject treated and the problematic posed, as well as the objectives envisaged, a description of the district of elgharbia and the **Bouziyani** house accompanied by a determining analysis of the problem which determines the factors of degradation and deformation. The last stage of the work is the restoration of the house through several processes and the treatment of damages by adequate solutions. Like the treatment of cracks and the problem of waterproofing of the floors.

**Key words:** Diagnosis, House **Bouziyani**, pathology, restoration, renovation.

---

Titre du mémoire : Restauration du patrimoine bâti, Etude de cas d'une ancienne maison située El Gharbia à Laghouat

Nom Prénom : Ayachi Souhila et Chouaib Fatna

Encadreur : Z .Damen

**Résumé :** Pour la mise en valeur du patrimoine architectural délaissé et sa conservation. Nous avons opté à la restauration et le réaménagement de la maison **Bouziyani Khadija** dans le quartier d'El Gharbia, au centre-ville de Laghouat.

Dans le processus de restauration de la maison de **Bouziyani**, nous tenterons de reconstruire toutes les parties dégradées et de remédier aux fissures en utilisant les méthodes et techniques appropriées pour bien effectuer les travaux, ainsi que l'utilisation de matériaux locaux comme des pierres, des briques et de la chaux. Pour ce fait nous avons effectué une étude théorique contenant des concepts liés au sujet traité et à la problématique posée, ainsi que les objectifs envisagés, une description du quartier d'elgharbia et de la maison **Bouziyani** accompagnée d'une analyse déterminante du problème qui détermine les facteurs de dégradation et de déformation. La dernière étape des travaux est la restauration de la maison à travers plusieurs processus et le traitement des dommages par des solutions adéquates. .comme le traitement des fissures et le problème d'étanchéité des planchers.

**Mots clés :** Diagnostic, maison **Bouziyani**, pathologie, restauration, rénovation.