

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE.  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI DE TIZI-OUZOU  
FACULTE GENIE DE LA CONSTRUCTION  
DEPARTEMENT D'ARCHITECTURE**



**MEMOIRE DE MAGISTER EN ARCHITECTURE ET DEVELOPPEMENT  
DURABLE**

**OPTION : Architecture et développement durable.**

**SUR LE THEME**

**Présentation d'un guide technique de réhabilitation du patrimoine  
architectural en terre en Algérie**

**Présenté par**

**M<sup>elle</sup> IDIR Lydia**

Devant le juré composé de :

M <sup>f</sup> BRARA Ahmed	Directeur de recherches	CNERIB	Président
M <sup>f</sup> AIT AIDER Hacène	Professeur	UMMTO	Examineur
M <sup>f</sup> DAHLI Mohamed	Maitre de conférences (A)	UMMTO	Rapporteur

Date de soutenance le : .....

## Remerciements

*Ma gratitude est grande, en premier lieu, envers Mr Dahli Mohamed, pour avoir accepté de diriger ce travail malgré ses innombrables tâches. Je tiens à le remercier vivement pour ses précieux conseils et ses critiques constructives qui ont orienté ce modeste travail de recherche jusqu'à aboutissement.*

*Je remercie Mr Brara Ahmed, d'avoir accepté la présidence du jury de soutenance. Mes remerciements également sont adressés à celui qui a accepté d'accomplir la lourde tâche d'examineur de mon travail de recherche, Mr Ait Aider Ahcène.*

*Mes remerciements s'adressent particulièrement aux deux professeurs : Alkama Djamel de l'université de Biskra et Marc Côte de l'université d'Aix-en-Provence, pour les apports, conseils et encouragements qu'ils m'ont apporté. Qu'ils trouvent ici l'expression de toute ma reconnaissance, c'est grâce à eux que j'ai participé à la sortie d'étude effectuée au bas-Sahara.*

*Je dois reconnaissances aux étudiants de la post graduation, département d'architecture de l'université de Biskra, en l'occurrence : M<sup>elle</sup> Naidja A, M<sup>elle</sup> Medjouel M, M<sup>elle</sup> Mettatha S, Mr Houimli F, Djilani A, Mokrane R, Baadache H, Goubaa A, Matallah E, pour le partage des connaissances et pour leur compagnie lors des sorties sur terrain.*

*Je ne saurai oublier tous les étudiants de notre post graduation que j'ai côtoyé durant toute ces années au département, en l'occurrence : M<sup>elle</sup> Alili S, M<sup>me</sup> Badene S, Mr Yanat Z, M<sup>elle</sup> Selmi S, M<sup>me</sup> Chabi G, M<sup>me</sup> Adja R, et enfin M<sup>me</sup> Bettouche.*

*Enfin, je sais combien la présence de ma famille à mes cotés a été importante pour surmonter les moments difficiles, c'est à eux que je dédie particulièrement ce mémoire. Je remercie mes parents pour leurs soutiens moraux et financiers, sans lesquels je n'aurai pas pu parvenir à ce niveau d'étude.*

# PRESENTATION D'UN GUIDE TECHNIQUE DE REHABILITATION DU PATRIMOINE ARCHITECTURAL EN TERRE EN ALGERIE

## **Résumé**

La richesse du patrimoine bâti en terre réside dans sa variété, en effet, il comporte des sites archéologiques, des monuments historiques, des groupes de bâtiments et même des villes entières, toutefois, nombres d'entre eux sont gravement menacés par un effondrement. Il est important de souligner que l'architecture en terre, présentant un héritage collectif d'une valeur incomparable, se trouve aujourd'hui dans un état de dégradation avancé, pour cause la disparition des pratiques de conservation traditionnelles notamment en matière d'entretien, des entreprises menant les opérations d'intervention non qualifiées, la fragilité du matériau terre aux intempéries... A toutes ces défaillances s'ajoute l'absence d'instruments adaptés pour mener des opérations de réhabilitation par les différents acteurs intervenant sur le terrain. C'est dans cette optique que ce travail de recherche vient s'inscrire pour répondre aux besoins des entreprises en termes d'outils de réhabilitation à savoir un guide technique de réhabilitation. Pour se faire il est indispensable de répertorier toutes les typologies de cette architecture et les techniques constructives, d'établir un diagnostic d'état des lieux afin d'évaluer l'état de dégradation ainsi que les pathologies que présente le bâti en terre et enfin présenter des remèdes dans le souci de sa conservation.

**Mots clés :** Patrimoine, architecture en terre, dégradation, entreprises, réhabilitation, guide, typologies, diagnostique, pathologies.

# PRESENTATION OF TECHNICAL GUIDE FOR THE REHABILITATION OF EARTHEN ARCHITECTURAL HERITAGE IN ALGERIA

## **Summary**

The richness of earthen architectural heritage lies in its variety. Indeed, it has archaeological sites, historical monuments, building constructors and even entire cities. However, most of them are being threatened by collapse. It is important to note that the earthen architecture, with a collective heritage of incomparable value, is now in a state of advanced degradation, caused by the disappearance of traditional conservation practices, especially in terms of maintenance, lead by non qualified companies. These failures as well as the lack of appropriate instruments will be important, so that a proper rehabilitation operation can be conducted by a skilled and qualified person in the field. It is in this context that this research work is inscribed to meet the needs of companies in terms of tools rehabilitation namely technical guide rehabilitation. To do it is essential to identify all types of this architecture and construction techniques, an inventory diagnosis to characterize the state of degradation and diseases that frame this land and finally present a solution, so that conservation interest must be kept.

**Keywords:** Heritage, earthen architecture, degradation, businesses, rehabilitation, guide, types, diagnosis, disease.

## عرض دليل تقني لإعادة تأهيل التراث المعماري الترابي في الجزائر

### ملخص

إن ثراء التراث الترابي المعماري يكمن في تنوعه، في الواقع، يحوي مواقع أثرية، معالم تاريخية، ومجموعات من المباني وحتى مدن بأكملها، لكن عدد كبير منها مهدد جديا بالانهيار.

من المهم أن نسطر أن الهندسة الترابية المعمارية، والتي تمثل موروثا جماعيا ذا قيمة لا تضاهي، هي في يومنا هذا في حالة تدهور متقدمة، وذلك بسبب زوال ممارسات حفظ تقليدية وخاصة في مجال الصيانة، وكذلك عدم تأهيل الشركات التي تدير عمليات التدخل، ضعف المواد الترابية مع سوء حالة الطقس.

إلى جانب كل هذا الفشل نجد غياب الأدوات الملائمة لإدارة عمليات إعادة التأهيل من قبل مختلف الجهات التي تتدخل في الميدان.

ويأتي هذا العمل في هذا السياق للاستجابة لحاجيات الشركات فيما يخص أدوات إعادة التأهيل، أي بمثابة دليل تقني لإعادة التأهيل وللقيام بذلك لا بد من تحديد جميع أصناف الهندسة المعمارية والتقنيات البنائية، ووضع تشخيص حالة للأماكن حتى يتم تقييم حالة التدهور وكذا العِلل التي توجد في العمران الترابي، ومن ثم تقديم الحلول للحفاظ عليه.

**الكلمات الأساسية :** التراث، الهندسة المعمارية الترابية، تدهور، الشركات، إعادة التأهيل، دليل، أصناف، تشخيص، عِلل.

# SOMMAIRE

## SOMMAIRE

Remerciements .....	I
Résumé .....	II
Summary .....	III
ملخص .....	IV
Sommaire .....	V

### CHAPITRE INTRODUCTIF

#### DEFINITION DU CHAMP DE LA RECHERCHE

I. Introduction générale.....	1
II. Problématique.....	6
III. Hypothèses.....	6
IV. Un guide technique de réhabilitation ?.....	7
V. Quand et comment l'utiliser ?.....	8
VI. Comment se présente-t-il ?.....	8
VII. Méthodologie de recherche.....	10
VIII. Structure du mémoire.....	10

### PREMIER CHAPITRE

#### METHODOLOGIE D'UNE OPERATION DE REHABILITATION

##### Introduction

I. La réhabilitation comme opération d'intervention sur le patrimoine bâti.....	12
I.1. Terminologie des opérations d'intervention sur un patrimoine.....	13
I.1.1. La restauration.....	13
I.1.2. La rénovation.....	13
I.1.3. La préservation.....	14
I.1.4. L'entretien.....	14
I.1.5. La conservation.....	14
I.1.5.1. La conservation préventive.....	14
I.2.5.2. La conservation curative.....	14
I.2. Les quatre niveaux d'intervention.....	14
I.2.1. La réhabilitation légère.....	15
I.2.2. La réhabilitation moyenne.....	15
I.2.3. La réhabilitation lourde.....	15

I.2.4. La réhabilitation exceptionnelle.....	15
I.3. Réussir une opération de réhabilitation.....	15
I.3.1. La sensibilisation.....	15
I.3.2. La durabilité.....	16
I.3.3. La réversibilité.....	16
II. Principes méthodologiques d'une opération de réhabilitation.....	16
II.1. Pré-diagnostic.....	16
II.1.1. Objectif du pré-diagnostic.....	17
II.1.2. Modalités de réalisation du pré-diagnostic.....	17
II.2. Les études pluridisciplinaires.....	19
II.2.1. Domaine social.....	19
II.2.1.1. Approche socio-économique.....	19
II.2.1.2. Approche anthropologique.....	19
II.2.2. Domaine historique.....	19
II.2.3. Domaine architectural.....	20
II.2.3.1. Le relevé.....	20
II.2.3.1.1. Les différentes phases du relevé.....	20
II.2.3.2. Le relevé photographique.....	22
II.2.3.3. Le relevé des abords de la maison.....	22
II.2.4. Domaine constructif.....	22
II.2.4.1. Relevé des modes de construction et des matériaux.....	22
II.2.4.2. Relevé des pathologies.....	23
II.2.5. Etudes environnementales.....	24
II.2.6. Etudes complémentaires.....	25
II.3. Diagnostic.....	25
II.3.1. Diagnostic quantitatif.....	26
II.3.2. Diagnostic constructif.....	26
II.3.3. Diagnostic paysager et environnemental.....	26
II.3.4. Diagnostic qualitatif.....	26
II.3.5. Principes d'un diagnostic réussi.....	27
II.4. La fiche de diagnostic du CNERIB.....	29
II.5. La grille d'évaluation de la dégradation de l'habitat par l'ANAH.....	29

## **Conclusion**

**DEUXIEME CHAPITRE**  
**TYPOLOGIES STRUCTURELLES DES CONSTRUCTIONS EN TERRE CRUE**

**Introduction**

I. Les murs porteurs .....	31
I.1. Les murs en terre banchée (Pisé).....	31
I.1.1. Le pisé.....	32
I.1.2. Choix de la terre à pisé.....	32
I.1.3. Les propriétés fondamentales de la terre à pisé.....	33
I.1.4. La mise en œuvre.....	34
I.1.4.1. Outillages.....	34
I.1.4.1.1. Le coffrage.....	34
I.1.4.1.1.1. La banche .....	35
I.1.4.1.1.2. Fond de banche.....	35
I.1.4.1.1.3. Les poteaux.....	36
I.1.4.1.1.4. Les clés.....	36
I.1.4.1.1.5. Les jougs.....	36
I.1.4.1.1.6. Les coins.....	36
I.1.4.2. Techniques d'exécution de la maçonnerie.....	38
I.1.5. Types de murs.....	39
I.1.5.1. Mur en terre banchée.....	39
I.1.5.2. Mur en pisé alterné de lit de pierre.....	40
I.1.5.3. Mur en terre banchée à double parements de pierre.....	40
I.2. Murs en brique de terre crue (Adobe ou Thoub).....	40
I.2.1. Brique de terre crue (choix de la terre).....	42
I.2.1.1. Pourcentage d'eau dans le mélange de la terre.....	43
I.2.2. Les propriétés fondamentales de la terre à adobe.....	44
I.2.3. Processus de fabrication du bloc de terre crue traditionnel.....	44
I.2.3.1. Opération d'extraction.....	45
I.2.3.2. Opération de tamisage.....	45
I.2.3.3. Préparation de la terre.....	45
I.2.3.3.1. Phase de gâchage.....	45
I.2.3.3.2. Opération de stabilisation.....	45
I.2.3.4. Le moulage.....	46
I.2.3.5. Fabrication de la brique de terre crue.....	46
I.2.3.6. Recommandation nécessaire pour la fabrication des briques de terre crue.....	46

I.2.4. Les divers types de murs.....	48
II. Les fondations.....	49
III. Les planchers.....	51
III.1. Planchers des constructions en pisé.....	51
III.1.1. Plancher traditionnel.....	51
III.1.2. Plancher à rondins en bois naturel.....	52
III.1.3. Plancher à solive de bois usiné.....	52
III.2. Planchers des constructions en brique de terre crue.....	53
III.2.1. Plancher traditionnel.....	53
III.2.2. Plancher à voutains de pierres.....	54
III.2.3. Plancher avec des gaines de palmier.....	54
III.3. Relations planchers-murs.....	55
IV. Les piliers et contreforts.....	55
V. Les ouvertures.....	56
V.1. Les portes.....	56
V.2. Les fenêtres.....	57
VI. Les couvertures.....	57
VI.1. Couvertures à double pente.....	57
VI.1.1. Couverture à ossature simple composée d'une charpente en bois brut.....	57
VI.1.2. Couverture à ossature simple composé de fermes en bois.....	58
VI.2. Couvertures terrasses.....	59
VII. Les escaliers.....	59
VII.1. Escalier sur mur d'échiffre.....	59
VII.2. Escalier à structure voûtée.....	60
VII.3. Escalier interne.....	60
VIII. Les enduits.....	61
VIII.1. Les enduits de chaux.....	61
VIII.2. Badigeons de chaux.....	61
VIII.3. Le plâtre traditionnel (Timchent).....	61
VIII.4. L'enduit de terre.....	62
VIII.5. L'enduit de ciment.....	63
IX. Arcs, voûtes et coupoles.....	63

## **Conclusion**

**TROISIEME CHAPITRE**  
**PATHOLOGIES DES CONSTRUCTIONS EN TERRE**

**Introduction**

I. Les pathologies humides.....	65
I.1. Les différents types d'humidité.....	65
I.1.1. Humidité ascensionnelle (les remontées capillaires).....	65
I.1.2. Les infiltrations d'eau de pluie.....	67
I.1.3. L'humidité de condensation.....	68
I.1.3.1. Condensation superficielle.....	68
I.1.3.2. Condensation interne.....	68
I.1.4. L'humidité d'origine accidentelle.....	70
I.2. Les pathologies liées à l'humidité.....	71
I.2.1. Les altérations liées à l'action propre de l'humidité.....	71
I.2.1.1. Modifications des propriétés mécaniques.....	71
I.2.1.2. Modifications des propriétés thermiques.....	71
I.2.1.3. Variations dimensionnelles.....	72
I.2.1.4. Dommages entraînés par les enduits étanches aux migrations de vapeur d'eau.....	72
I.2.2. Le gel-dégel des matériaux.....	73
I.2.3. Les phénomènes d'origines chimiques : la cristallisation des sels.....	73
I.2.4. Les altérations se développant en milieu humide.....	74
I.2.4.1. Les dégradations biologiques.....	74
I.2.4.2. Les creux et les alvéolisations.....	74
I.2.5. La dégradation des ambiances intérieures.....	75
I.3. Le diagnostic.....	75
II. Les pathologies structurelles.....	78
II.1. Les désordres des fondations.....	78
II.1.1. Origines des désordres.....	78
II.2. Les désordres affectant les murs.....	78
II.2.1. Origines des désordres.....	78
II.2.1.1. Origines du tassement différentiel.....	79
II.2.2. Les désordres.....	79
II.2.2.1. Déchaussement des briques de terre crue.....	79
II.2.2.2. Déversement du mur.....	79
II.2.2.2.1. Le déversement vers l'extérieur.....	79

II.2.2.2.2. Le déversement vers l'intérieur.....	79
II.2.2.3. Les ventres.....	80
II.2.2.4. La désolidarisation des murs.....	80
II.2.2.5. Les fissures.....	80
II.2.2.5.1. Les fissures de poinçonnement.....	81
II.2.2.5.2. Les fissures d'angle.....	81
II.2.2.5.3. Les fissures dues aux mouvements différentiels des fondations.....	82
II.3. Pathologies des ouvertures.....	82
II.3.1. Dégradation du linteau.....	83
II.3.2. Dégradation de l'appui de fenêtre.....	83
II.3.3. Dégradation des jambages.....	83
II.3.4. Dégradation des menuiseries.....	83
II.4. Pathologies des planchers.....	84
II.4.1. Origines des désordres.....	84
II.4.2. Les désordres.....	84
II.4.2.1. Les déformations.....	84
II.4.2.2. La présence de fissure.....	84
II.4.2.3. Les attaques biotiques.....	85
II.5. Pathologies des couvertures.....	85
II.5.1. Origines des désordres.....	85
II.5.2. Les désordres.....	85
II.6. Pathologies des enduits.....	86
II.6.1. L'origine des désordres.....	86
II.6.2. Les désordres.....	86
II.7. Pathologies des voûtes et des coupes.....	87
II.7.1. L'origine des désordres.....	87
II.7.2. Les désordres.....	87
II.8. Dommages provoqués par l'action sismique.....	87
II.8.1. Les facteurs aggravants l'action sismique.....	88
II.8.1.1. Conditions du site d'implantation.....	88
II.8.1.2. Le matériau.....	88
II.8.1.3. Défaut d'exécution.....	88
II.8.1.4. Vétusté et défauts d'entretien.....	88
II.8.2. Comportement des murs et types de désordres structurels.....	88

## **Conclusion**

**QUATRIEME CHAPITRE**  
**TECHNIQUES DE REHABILITATION STRUCTURELLE**

**Introduction**

I. Les remèdes contre l'humidité.....	91
I.1. Installation de drain périphérique.....	91
I.1.1. Drain extérieur.....	91
I.1.1.1. Mise en œuvre.....	91
I.1.2. Drain intérieur.....	92
I.2. Mise en place d'une barrière étanche à la base du mur.....	92
I.3. Techniques pour lutter contre la condensation.....	94
I.4. Traitement de ruissellement des eaux.....	94
II. Réhabilitation des structures atteintes.....	94
II.1. Techniques de consolidation.....	94
II.1.1. Réhabiliter les fondations et les soubassements.....	94
II.1.1.1. Nettoyage et mise à niveau.....	94
II.1.1.2. Reprise des fondations.....	94
II.1.2. Consolidation des murs.....	95
II.1.2.1. Renforcer un mur par un chaînage.....	95
II.1.2.2. Liaison d'angle.....	96
II.1.2.2.1. Renforcement des angles au moyen de clé.....	96
II.1.2.3. Mise en place de tirants.....	97
II.1.2.4. Contreforts en maçonnerie.....	98
II.1.3. Réparer un mur en brique de terre crue.....	98
II.1.3.1. Réparation d'une détérioration partielle (déchaussement).....	98
II.1.3.2. Réparation d'une détérioration entière.....	99
II.1.3.3. Traitement d'une déformation (ventre).....	99
II.1.3.4. Les étapes de réparation d'un mur.....	99
II.1.4. Reprise des fissures.....	100
II.1.5. Réparer les cavités.....	100
II.1.6. Réparer les fissures et décollements de l'enduit.....	101
II.1.6.1. Remplacer un enduit au ciment.....	101
II.1.6.2. Réparer un enduit de terre et de chaux.....	101
II.1.6.3. Traiter les efflorescences.....	102
II.1.7. Interventions sur les planchers.....	102
II.1.7.1. Réparer un appui de plancher au niveau du mur.....	102

II.1.7.2. Poser un montant intermédiaire.....	103
II.1.8. Interventions sur les toitures.....	103
II.1.8.1. Le contrôle des assemblages.....	103
II.1.8.2. L'ajout de panne.....	104
II.1.8.3. Nettoyage et remplacement des éléments défectueux.....	104
II.1.8.4. Réparer une toiture plate en terre.....	104
II.1.9. Intervention sur les ouvertures.....	104
II.1.9.1. Traitement de la menuiserie.....	104
II.1.9.2. Le masticage des vitres.....	105
II.1.9.3. Remplacement d'un linteau.....	105
II.1.9.4. Percement d'une ouverture.....	106
II.1.10. Interventions sur les arcs, les voutes et les coupes.....	106
II.1.11. Intégration des nouvelles installations et les nouveaux équipements.....	107
II.1.12. Techniques de réhabilitation en zones sismique.....	107
II.1.13. Les principes de bonne conception architecturale.....	110
<b>Conclusion</b>	
<b>Conclusion générale</b> .....	112
<b>Eléments bibliographiques</b> .....	115
<b>Table des figures, des photographies et des tableaux</b> .....	122
<b>Annexes</b> .....	127

CHAPITRE INTRODUCTIF

DEFINITION DU CHAMP DE LA  
RECHERCHE

## I. Introduction générale

L'Algérie, pays d'Afrique du Nord regorge de richesses patrimoniales très éclectiques de part son histoire et sa superficie. Riche et diversifié, ce patrimoine continu de fasciner et susciter toutes les convoitises. Qu'il s'agisse des « Ksour » du désert, des anciennes « médinas », des villes grandes ou petites plaines agricoles ou de la bonde côtière et encore des quartiers européens ; tous font la fierté du peuple algérien, ils sont le reflet de son identité et le témoin du savoir-faire hérité des anciens.

L'ensemble de ces patrimoines représente une richesse toute particulière qui contribue très largement au patrimoine mondial et à sa diversité et dont l'étude permet de mieux comprendre notre monde d'aujourd'hui et préparer celui de demain<sup>1</sup>. Dans cette diversité patrimoniale notre préoccupation sera orientée essentiellement vers le patrimoine bâti en terre.

Nous tenons, cependant, à préciser que le terme « Bâti en terre » dont il est question dans ce mémoire, englobe que les constructions dont la matière première utilisée pour leur édification est « la terre » à l'état crue. En d'autre terme, la matière est utilisée sans cuisson préalable<sup>2</sup> et peut être associée à d'autres composants complémentaires, qui sont principalement : la pierre, le bois, la chaux ou les fibres végétales<sup>3</sup>... elle est à la fois, dans la construction, l'élément de structure et de remplissage. C'est en fonction de la proportion de terre utilisée que l'on peut juger si telle maison est en terre et telle autre ne l'est pas<sup>4</sup>.

Concernant le caractère patrimonial des architectures de terre, celui-ci, elles le doivent aux multiples valeurs qu'elles véhiculent. En effet, l'architecture de terre est très ancienne, elle peut remontée jusqu'à la période mésolithique qui marque le début de la sédentarisation de l'homme (10000, 5000 avant J.C)<sup>5</sup>. Aujourd'hui 17% des œuvres inscrites au patrimoine mondial de l'UNESCO<sup>6</sup>, sont des édifices en terre, parmi eux – et pour ne citer que ceux là- : les villes anciennes de Djenné au Mali, l'ancienne ville de Shibam au Yémen, le Ksar de Ait Ben Haddou au Maroc, le site de Mari en Syrie, le site de Chan Chan au Pérou et bien

---

<sup>1</sup> Guide à l'attention des collectivités locales africaines : patrimoine culturel et développement local. Editions CRATerre-ENSAG/ Convention France-UNESCO. <http://whc.unesco.org/uploads/activities/documents/activity-25-1.pdf> . p. 8, téléchargé en Mai 2010.

<sup>2</sup> Dethier J. Des architectures de terre ou l'avenir d'une tradition millénaire. Edition CGP. Paris, 1986. p. 33.

<sup>3</sup> Zarhouni S, Guillaud H. l'architecture de terre au Maroc. Editions ACR, 2001. p. 8.

<sup>4</sup> Idem.

<sup>5</sup> Houben H, Guillaud, H. Traité de construction en terre. Editions Parenthèses, Marseille 1989. p. 18

<sup>6</sup> CRATerre-ENSAG. Inventaire de l'architecture en terre. Programme du patrimoine mondial pour l'architecture de terre (WHEAP), 2012. <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002170/217037f.pdf> . p. 12, Téléchargé en Octobre 2102.

beaucoup d'autres sites méconnus, répartis à travers tous les continents, mais tout aussi uniques et remarquables les uns que les autres.

L'autre valeur est son rôle important dans la définition de l'identité des communautés locales, dans la particularité des techniques constructives traditionnelles propre à chaque région. Pas que cela, les architectures de terre contribuent au développement économique. En amont, car elles ne sont pas énergivore à la construction, en aval, grâce à leur qualités thermiques à l'usage<sup>7</sup>. Elles permettent d'offrir une variété de logements de bonne qualité et financièrement facile d'accès à un grand nombre de population. Elles permettent la création de nouveaux emplois et selon la technologie utilisée, redynamisent l'économie sans grand investissement préalable<sup>8</sup>.

Une dernière valeur, et pas la moindre, est son impact environnemental proche de zéro<sup>9</sup>. En effet, la mise en œuvre de la terre ne consomme presque pas d'énergie pour sa transformation, elle est juste malaxée avant d'être mise en œuvre. Pas d'émission de CO<sub>2</sub>, vu que les sites d'extraction sont à proximité, ce qui limite l'émission de gaz pendant le transport. La terre, dans la construction, n'est pas génératrice de déchets, elle est biodégradable et réutilisable à l'infini. Donc, nous dirons que l'architecture de terre s'insère dans le concept du développement durable, elle consiste la solution adéquate pour la protection de l'environnement sans compromettre l'avenir des générations futures<sup>10</sup>.

En Algérie, la qualité et la diversité des constructions en terre ne sont pas en reste. Elles sont encore visibles dans les zones présahariennes : Béchar, Adrar (vallée de Gourara de Timimoune), Biskra, Ghardaïa (vallées des M'Zab), Tamanrasset..., aux Aurès : les villages de Ghoufi, Béni Souik, Khanga, Arris, Baniane... et également en Kabylie : Tizi-Ouzou (villages de Maatkas, Beni Yenni...). Ce mode architectural repose sur deux techniques, la première : « la terre banchée » où le matériau est damé par assises successives à l'intérieur des coffrages latéraux, qu'on déplace au fur et à mesure de l'avancement des travaux. La seconde est « la brique de terre crue » où la terre est mélangée à la paille, tassée dans des moules et séchée au soleil. La maîtrise de ces deux techniques a donné naissances à des ksour et des

---

<sup>7</sup> Seysseyre S. Comment développer l'usage de la terre crue dans la production architectural française ? Rapport d'étude, Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Lyon (ENSAL), 2009. p. 8, téléchargé en Octobre 2012.

<sup>8</sup> Kbaili N. L'architecture de terre contemporaine en Algérie, évaluation post-occupation d'habitations rurales dans la région centre des hauts plateaux. Mémoire de magistère, dirigé par Pr. Bensalem R. EPAU. 2006, p. 3.

<sup>9</sup> Anger R, Fontaine L, Joffroy T, Ruiz E. « Construire en terre, une autre voie pour loger la planète » in « revue Secteur privé et développement », revue n°10 : le ciment, entre responsabilité écologique et impératifs économiques. Revue PROPARCO, mai 2011. p. 19, téléchargé en Juin 2011.

<sup>10</sup> Seysseyre S. Ope. Cite.

villages d'une beauté remarquable, qui s'intègrent parfaitement au paysage environnant. C'est une architecture qui incarne un esprit communautaire, un savoir-faire ancestral et une recherche d'équilibre entre le culturel et le naturel<sup>11</sup>.



**Photo 1** : Ain Salah, Tamanrasset.



**Photo2** : Ksar Taghit, Bechar.

Si la construction en terre a considérablement diminué, cela est dû à la rupture dans la transmission des savoir-faire. Elle souffre, également, du monopole des autres matériaux jugés modernes. On pense toujours que la terre n'est pas adaptée aux pays développés et qu'elle est incapable d'offrir les mêmes garanties de pérennité et de confort. Si elle est peu utilisée, c'est parce que peu d'entreprises et de maîtres d'œuvre savent la mettre en œuvre, en Algérie ils sont pratiquement inexistantes.

La terre crue apparaît, à tort, comme un matériau obsolète, avec une connotation de pauvreté et d'infériorité<sup>12</sup>, elle se heurte à une résistance culturelle et à des préjugés qui condamnent l'architecture en terre au rang d'une architecture fragile, vernaculaire et archaïque.

Cela étant dit, le principal défaut du matériau terre n'est pas uniquement de nature psychologique, mais également technique. Effectivement, la terre est un matériau qui craint l'eau, son principal inconvénient est sa sensibilité aux intempéries, son érosion et le risque de fissuration. L'autre défaut réside dans la difficulté de s'assurer de la qualité des terres, car

<sup>11</sup> Zakriti H. La gestion des sites du patrimoine mondial au Maroc : le cas du ksar Ait Ben Haddou. Mémoire diplômes propres aux écoles nationales supérieures d'architecture (DPEA), 2005. p. 38.

<http://www.memoireonline.com/06/07/512/gestion-sites-patrimoine-mondial-maroc-ksar-ait-ben-haddou-ouarzazate.html> . Consulté en septembre 2012.

<sup>12</sup> Seysseyre S. Ope. Cite. p. 12.

elles sont très différentes dans leurs compositions et leurs propriétés, surtout que les normes d'utilisation ne sont pas connues des responsables de projets. Ces derniers ne sont pas en mesure de contrôler la qualité du matériau et par conséquent celui de la construction.

Si, en plus de ces facteurs, s'ajoutent des décisions politiques qui abandonnent à leur sort les constructions traditionnelles et qui encouragent, par perte de conscience, le laissez faire de ce genre d'habitations – qui, peut être, n'auraient eu besoin que d'une simple restauration ponctuelle-, la dégradation de ce patrimoine est inévitable.

En effet, la conjugaison de tous ces facteurs a fait que des pans entiers de ce patrimoine ont disparu, et ceux qui ont pu être jalousement conservés restent menacés de disparition. En vrai, la négligence, le manque d'entretien et les conditions sociales défavorables de leur protection, tous, sont derrière l'état dégradé dont ils se trouvent aujourd'hui.



**Photo 3** : Dégradation du Ksar de Témacine.  
(Source : Auteur)



**Photo 4** : Réhabilitation du ksar Tamarna Lakdima en utilisant un enduit à base de ciment. (Source : Auteur).

Afin d'assurer la pérennité d'un tel patrimoine, il existe une variété de gamme de travaux à effectuer, elle peut s'étendre de l'amélioration techniques ponctuelle à la restructuration lourde. La réhabilitation s'inscrit comme l'une des démarches ou du moins une pratique architecturale qui vise l'amélioration du bâti et la prolongation de sa vie pour lui redonner son estime à sa juste valeur.

Lorsqu'on entreprend la réhabilitation d'un bâtiment, il est important d'observer un certain nombre de principes<sup>13</sup>. Il est tout d'abord nécessaire de comprendre l'ordre urbain dans lequel il s'inscrit. Un édifice n'est pas un objet isolé et doit être considéré en fonction de sa situation sur sa parcelle par rapport aux bâtiments mitoyens. Mais aussi tenir compte du système constructif : pour ne pas ébranler la cohérence du bâti et éviter des désordres de structure – tassements différentiels, fissures- il est conseillé de s'inscrire autant que possible dans la logique constructives des bâtiments, autrement dit de chercher à exploiter et à perfectionner la morphologie d'origine plutôt qu'à la bouleverser<sup>14</sup>. Il est bien sur nécessaire également de connaître l'état du bâti sur lequel on s'apprête à intervenir. Un diagnostic préalable de l'ouvrage constitue la base nécessaire de toute opération de réhabilitation, il permet de déterminer le choix d'une stratégie de réparation adéquate. Il passe par plusieurs phases à savoir le pré-diagnostic, les études pluridisciplinaires et le diagnostic<sup>15</sup>.

La visite préliminaire a pour objet d'améliorer la compréhension de l'état et du fonctionnement de la structure, de préciser les conditions environnementales, les désordres visibles, l'accessibilité aux parties dégradées. Cette partie débouche sur un pré-diagnostic, elle comprend :

- ✓ La collecte des informations nécessaires à la compréhension de l'ouvrage : le système constructif (typologies), les valeurs architecturales, environnementales et sociales ;
- ✓ Un examen succinct de l'intégralité de la structure, et le relevé de tous les symptômes avec prise de photographie ;
- ✓ Si nécessaire, des études complémentaires dites, pluridisciplinaires peuvent être engagées afin de comprendre en profondeur l'objet d'études.

Une fois ces études effectuées, un diagnostic est réalisé et consiste en un rapport présentant l'ensemble des résultats de l'étude et leur interprétation, il comprend essentiellement une liste des priorités des réparations et travaux à effectuer et des recommandations relatives aux méthodes de réparation les plus adaptés.

---

<sup>13</sup> Pascale J. La réhabilitation des bâtiments : conserver, améliorer, restructurer les logements et les équipements. Le Moniteur. Paris 1999, p. 21.

<sup>14</sup> Idem.

<sup>15</sup> Réhabimed. Bulletin trimestriel du projet pour promouvoir la réhabilitation de l'architecture traditionnelle méditerranéenne. Avril 2006, p. 33.

## **II. Problématique**

Le sujet proposé dans ce présent mémoire a eu comme origine la vulnérabilité des architectures de terre en Algérie, due, essentiellement au manque d'entretien, à l'indifférence, à la négligence, à l'usage inapproprié des nouvelles technologies lors des opérations de réhabilitation, à la disparition des pratiques de conservation traditionnelles, aux interventions sans aucune étude technique préalable...

Suite à ce constat, notre souci est de déterminer une stratégie susceptible d'assurer la préservation du patrimoine en terre, de contribuer à la valorisation de cette architecture. C'est ce qui a suscité, justement, notre questionnement de départ, à savoir quelle solution convenable pour préserver le caractère architectural de ce patrimoine ? Quel outil peut on mettre en place dans ce cas, et qu'il soit en mesure de garantir la pérennité des architectures de terre crue en Algérie ?

Les guides techniques de réhabilitation font, sans doute, partie de ces outils nécessaires, pratiques et utiles pour développer une nouvelle culture de la conservation du patrimoine, de mettre en avant la connaissance en profondeur de l'architecture traditionnelle, du point de vue de son implantation sur le territoire, de ses pathologies et avec une attention spéciale aux aspects matériels et techniques.

## **III. Hypothèses**

La dégradation du patrimoine architectural en terre est due au manque d'outil approprié à sa réhabilitation, vu la perte du savoir-faire en matière d'entretien et aux caractéristiques du matériau lui-même à savoir : sa résistance, sa durabilité, sa vulnérabilité aux intempéries.

## **IV. Objectifs**

Le point de vue adopté est tout d'abord celui d'une étudiante en architecture, et surtout soucieuse de la préservation du patrimoine architectural national en terre. Ceci est une tentative de sensibilisation dans le milieu universitaire à intégrer des cours de formation sur l'architecture en terre ou tout simplement à encourager la recherche scientifique et technique afin de redonner vie à un savoir-faire ancestral.

L'objectif de ce guide technique, de une, est d'encourager les habitants à se rapprocher et à apprécier la valeur de ce patrimoine méconnu jusque là, les sensibiliser sur l'avenir d'un tel savoir-faire, de deux, est de mettre entre les mains des professionnels : architectes, ingénieurs, spécialistes de réhabilitation, un outil susceptible de les aider et de les guider dans leur métier.

A ce sujet, nos objectifs à travers ce mémoire est :

- ✓ d'expliquer les démarches d'une opération de réhabilitation ;
- ✓ de présenter les différentes typologies des systèmes constructifs en terre les plus répandues, ainsi que les matériaux de constructions utilisés ;
- ✓ de décrire les différentes pathologies des matériaux utilisés et les causes principales de dégradation ;
- ✓ d'inciter à la réhabilitation des structures du bâti en terre dans le but de renverser la tendance à la dégradation de ce patrimoine par l'élaboration d'un guide pratique des techniques de réhabilitation, sans prétendre à l'exhaustivité.

## V. Un guide technique d réhabilitation ?

Un guide technique est un outil destiné aux architectes, ingénieurs, responsables techniques ou tous spécialistes en patrimoine qui souhaiteraient s'engager dans des travaux de réhabilitation. Il a comme objectif de les accompagner dans les opérations de réhabilitation afin de les mener à bien<sup>16</sup>. Autrement dit, le guide technique est une banque de données qui regroupe toutes les informations qui contribuent à mieux connaître le bâtiment. Il présente une méthodologie d'intervention à travers un pré-diagnostic et un diagnostic pour finir avec une présentation des méthodes d'intervention. Ci-dessous, différentes définitions citées dans « Méthode RehabiMed, pour la Réhabilitation de l'Architecture Traditionnelle Méditerranéenne » :

- « ...il s'agit d'un guide technique qui vise à être dans la mesure du possible clair, objectif, précis et facile à utiliser en donnant une grande importance aux phases du pré-diagnostic ainsi qu'aux techniques de réhabilitation, car on part du principe que si l'on ne connaît pas on ne peut pas intervenir, et par conséquent on ne peut pas réhabiliter ».
- « ...il s'agit d'un outil destiné aux architectes, aux ingénieurs et aux constructeurs qui projettent, dirigent et exécutent quotidiennement des travaux de réhabilitation dans des bâtiments traditionnels ».

---

<sup>16</sup> Méthode Réhabimed : pour la réhabilitation de l'architecture traditionnelle méditerranéenne. Réhabimed. Aout 2005, p. 17.

- *« Le guide part du principe de base que si l'on ne connaît pas, on ne peut pas réhabiliter »*
- *« ...il s'agit d'un guide technique qui prétend, dans la mesure du possible être « scientifique » « objectif » et « précis » et qui donne une grande importance aux premières phases de diagnostic et de réflexion préalables au projet ».*

## **VI. Quand et comment l'utiliser ?**

Pour que ce guide soit un soutien efficace, quand on envisage d'entreprendre une opération de réhabilitation, il faut le consulter en amont, avant toute prise de décision ou engagement. En règle générale, on peut le consulter pour effectuer un choix préliminaire, se renseigner sur la particularité des techniques constructives, établir une comparaison et connaître ou du moins avoir une première idée sur les moyens dont il faut se disposer avant d'intervenir.

Ce guide spécifique aux techniques de réhabilitation du bâti en terre en Algérie peut s'utiliser en complémentarité avec d'autres travaux et/ou expériences traitant le sujet de façon plus approfondie.

## **VII. Comment se présente-t-il ?**

La façon dont se présente ce guide se veut pratique est simple, il traite d'une part, les dégradations des constructions en terre, et d'autre part, les techniques de réparations de ces désordres. L'accent est mis essentiellement sur l'approche générale des techniques constructives en Algérie, les points sensibles extérieurs et intérieurs, les dégâts les plus fréquents et enfin les travaux les plus représentatifs de la réhabilitation.

Ce guide ne traite pas tous les sujets de réhabilitation de toutes les techniques de construction avec le matériau terre, mais uniquement celles présentes en Algérie, mais néanmoins, il permet d'en avoir une large approche et ceux à qui il est destiné, y trouveront de nombreuses réponses aux questions qu'ils pourraient se poser. Il est aussi consacré qu'à l'amélioration des bâtiments, il ne traite ni des changements d'affectation ni de la réfection à l'identique.

Plusieurs travaux ont traité le sujet de la réhabilitation des architectures traditionnelles. Quoique, le plus souvent, ces travaux évoquent la réhabilitation des constructions traditionnelles de manière générale sans spécifier celles bâties en terre. Notre problématique traite la réhabilitation des constructions en terre avec l'objectif de réaliser un guide technique, dans le but de préserver le patrimoine architectural en terre en Algérie. Parmi les travaux

ayant traité ce sujet, nous citons ci après les plus représentatifs d'entre eux, qui nous ont aidés à bien mener ce travail de recherche :

- Joffroy Pascal dans son ouvrage « la réhabilitation des bâtiments : conserver, améliorer, restructurer les logements et les équipements », n'apporte pas de solutions techniques. Cependant, il évoque la notion de réhabilitation de façon très pertinente qui rejoint notre méthodologie d'approche.
- Quant à l'ouvrage de Coignet Jean dans « Réhabilitation : art de bâtir traditionnels connaissances et techniques », l'accent est mis, non seulement, sur la méthodologie d'une opération de réhabilitation, mais également sur les techniques réparatrices des différents désordres pouvant affectés une maison traditionnelle, mais toujours sans spécifier celles bâties en terre.
- Nous ajoutons à ceux là, la publication de RéhabiMed intitulé « architecture traditionnelle méditerranéenne : réhabilitation des bâtiments ». Dans son contenu, RéhabiMed se consacre à la réhabilitation d'une architecture traditionnelle, modeste, pas forcément patrimoniale. Il a développé une stratégie méthodique sous forme d'un guide, dont il détaille toutes les étapes à suivre pour la réhabilitation des bâtiments traditionnels méditerranéens.
- « Corpus » et « Corpus Levant », deux manuels publiés par EuroMed Heritage, comprennent une soixantaine de fiches illustrées, présentant une analyse des caractéristiques ainsi que des typologies de l'architecture traditionnelle méditerranéenne. Les fiches présentées dans Corpus Levant, identifient les problèmes des constructions traditionnelles et proposent les meilleures alternatives pour répondre aux désordres les plus fréquents.
- Quant aux travaux de CRAterre, l'auteur Carazas Aedo Wilfredo dans la publication « Réhabilitation : guide de construction parasismique », met l'accent sur la vulnérabilité des constructions en brique de terre crue face au séisme. Un document très riche en illustrations représentatives des étapes à suivre pour réparer une habitation en terre endommagée par le séisme.
- Dans le cas de l'Algérie, quelques manuels de réhabilitation ont vu le jour. Les plus représentatifs sont : « Réhabilitation des constructions en terre crue à la vallée du M'Zab : guide techniques », et « Manuel pour la réhabilitation de la ville de Dellys » tout deux publiés par Montada. Le premier, son contenu et sa

méthodologie rejoignent parfaitement notre objectif. Le deuxième, même s'il concerne la construction en pierre, ce qu'il propose comme méthodologie et illustrations restent très utiles quant à notre objectif.

### **VIII. Méthodologie de recherche**

Compte tenu des objectifs déjà fixés, notre méthodologie de recherche se doit d'être logique et cohérente, afin d'apporter une réponse à notre problématique. Pour ce faire, nous adopterons une approche d'avantage de terrain mais également documentaire, autrement dit, fondée sur deux parties principales.

- *La recherche théorique*

Elle servira à consulter le fond documentaire existant pour mieux comprendre le thème de la réhabilitation technique des habitations traditionnelles en terre, ses procédés et éventuellement les expériences menées dans le domaine de la réhabilitation des constructions en terre crue.

- *La recherche pratique*

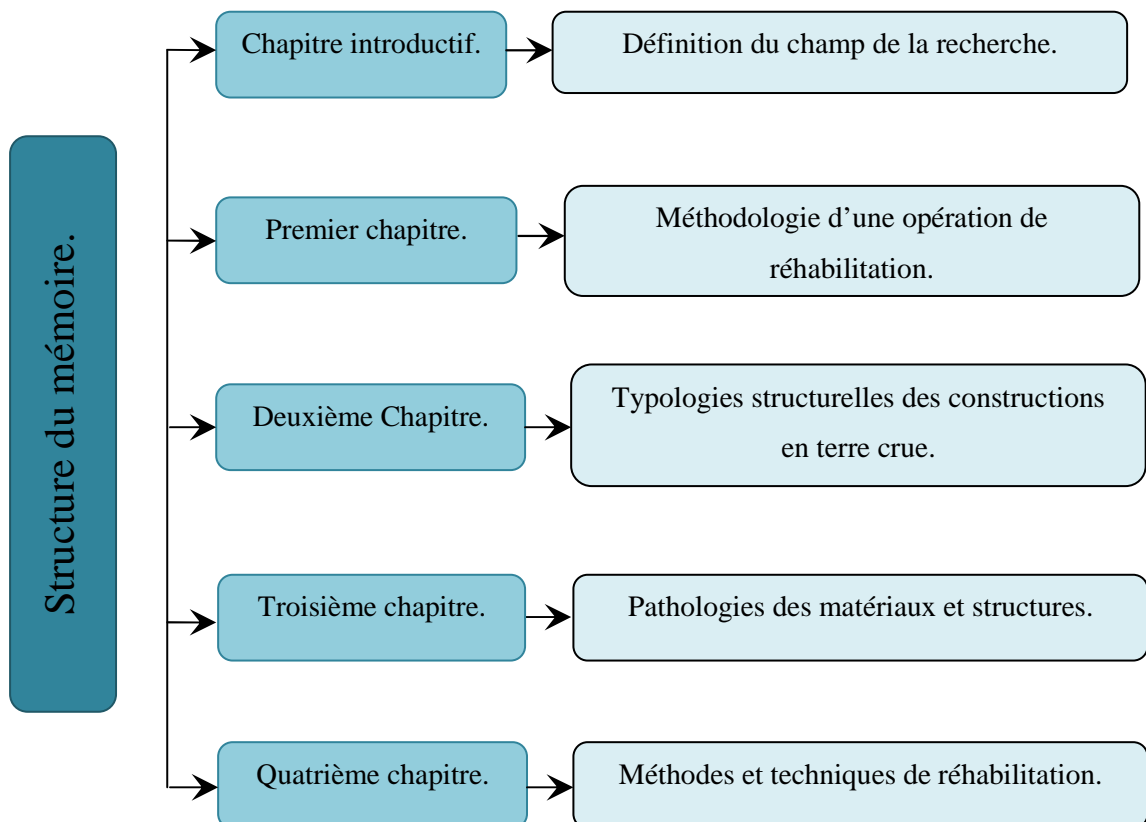
Elle sera consacrée aux observations *in situ* afin de cerner les pathologies et les désordres au niveau des constructions en terre. Pour ce faire, nous préconisons une méthodologie basée sur le diagnostic qui constituera notre principal outil de travail.

A cet effet, une étude typologique sera effectuée sur les matériaux et les techniques misent en œuvre, un diagnostic d'état des lieux évaluera les dégradations ainsi que les pathologies que présente ce type de construction. Au final, nous proposerons différentes techniques de réhabilitation qui permettra de saisir les méthodes les plus adéquates afin de préserver ce patrimoine.

### **IX. Structure du mémoire**

- Dans le chapitre introductif sera cerner le champ de la recherche en précisant :
  - ✓ La problématique qui précise la nécessité d'élaborer un guide technique de réhabilitation du patrimoine architectural en terre en Algérie.
  - ✓ Les hypothèses de la recherche afin d'apporter des réponses à la problématique liée à la dégradation du patrimoine bâti en terre.
  - ✓ Les objectifs qui définissent le but de la recherche.

- ✓ Définition du guide technique.
- ✓ La méthodologie de recherche suivie pour l'élaboration de la présente recherche.
- Le premier chapitre abordera un point important qui serve de fil conducteur pour la présente recherche à savoir : définition des différentes opérations d'intervention sur le patrimoine entre autre la réhabilitation et les principes méthodologiques d'une opération de réhabilitation.
- Le deuxième chapitre sera consacré aux différentes structures et mise en œuvre des constructions en terre et s'intéresser plus précisément aux deux techniques les plus répandues à savoir : la terre banchée et la brique de terre crue.
- Le troisième chapitre abordera les dommages que subi le bâti en terre en précisant à chaque fois : causes et conséquences.
- Le quatrième chapitre proposera des remèdes aux pathologies diagnostiquées, c'est-à-dire des méthodes et techniques de réhabilitation.



# PREMIER CHAPITRE

## METHODOLOGIE D'UNE OPERATION DE REHABILITATION

## Introduction

Il existe une gamme d'opération d'intervention sur un patrimoine architectural, toutes différentes les unes des autres, parmi elles nous pouvons citer la restauration, la réhabilitation, la préservation, l'entretien...etc. Elles sont de nature diverses, interviennent à des degrés différents, mais de manière générale, c'est des opérations dont le but est de faire émerger les qualités architecturales cachées du patrimoine bâti et de lui rendre son état de conservation et garantir sa pérennité. En effet, la vétusté d'un bâtiment, son mauvais fonctionnement, son manque de confort ou d'esthétique mènent à la nécessité de le réhabiliter, afin d'assurer sa durabilité, tout en respectant les normes d'habitabilité actuelles.

Afin de bien mener une opération de réhabiliter d'un cite patrimonial, une méthodologie d'intervention est recommandée. Elle ne peut être concrétisée correctement qu'à la condition que soit réalisé au préalable un diagnostic méthodique. C'est justement, ce qui sera abordé dans le présent chapitre, d'abord, par cerner les particularités de la démarche de réhabilitation, à travers une approche conceptuelle et par la suite, dresser les étapes fondamentales à entreprendre pour élaborer un diagnostic fiable et approfondi. Pour finir, présenter deux fiches récapitulatives du diagnostic, l'une réalisée par l'Agence Nationale pour l'Amélioration de l'Habitat et l'autre par le Centre National d'Etudes et de Recherches Intégrées du Bâtiment.

### I. La réhabilitation comme opération d'intervention sur le patrimoine bâti

Définie dans la charte de Lisbonne comme étant les « *travaux dont la finalité est la récupération et la remise en état d'une construction, une fois résolues toutes les anomalies constructives, fonctionnelles d'hygiène et de sécurité cumulées tout au long des années, et menant à bien une modernisation dont le but est de lui faire mieux remplir ses fonctions, jusqu'à s'approcher des actuels niveaux d'exigence* ».

C'est une intervention menée sur un bien culturel en vue de le doter de commodités modernes en prenant le soin d'éviter l'altération de ses valeurs authentiques<sup>17</sup>. Elle s'impose comme la conciliation de la nécessité d'améliorer les conditions d'hygiène et l'exigence de conserver les valeurs architecturales inscrites dans la typologie du bâti<sup>18</sup>.

Pascale J.<sup>19</sup> explique qu'en plus de l'amélioration du bâtiment dévalorisé, la réhabilitation signifie aussi le prolongement de la vie de celui-ci. Il rajoute aussi que la réhabilitation c'est

---

<sup>17</sup> Choay F, Merlin P. Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement. Edition PUF. 1988.

<sup>18</sup> Idem.

<sup>19</sup> Pascale J. La réhabilitation des bâtiments : conserver, améliorer, restructurer les logements et les équipements. Le Moniteur. Paris 1999. p. 14.

« remettre en état d'habitation », c'est à dire l'amélioration des conditions d'habitabilité, conforme à des usages qui se sont modifiés ou à des occupants qui ont changé<sup>20</sup>.

Ce qu'il faut retenir c'est que la réhabilitation est l'une des opérations à laquelle on fait appelle pour prolonger la vie du bâtiment. Elle repose sur la conciliation des domaines historique, architectural et technique de l'objet d'étude. La réhabilitation dont il est question dans cette recherche est technique, elle consiste à connaître de près le bâti, à détecter les pathologies qui l'affectent, à comprendre les causes, pour proposer des remèdes adéquats.

### **I.1. Terminologie des opérations d'intervention sur un patrimoine**

Les différents termes d'opération d'intervention sur un édifice à forte valeur patrimoniale sont des opérations distinctes les uns des autres en fonction des objectifs, des mesures et des actions qu'elles englobent. Le choix d'intervenir avec l'une des approches relève de nombreux facteurs : techniques, économiques, sociales, historiques et esthétiques. Ceci dit, il est utile d'éclaircir les terminologies de base pour éviter toute confusion et aider à préciser le sens du mot « réhabilitation » dont il est question dans ce guide.

#### **I.1.1. La restauration**

*C'est « une opération, qui doit garder un caractère exceptionnel. Elle a pour but de conserver et de révéler les valeurs esthétiques et historiques du monument et se fonde sur le respect de la substance ancienne et de documents authentiques. Elle s'arrête là où commence l'hypothèse, sur le plan des reconstitutions conjecturales, tout travail de complément reconnu indispensable pour des raisons techniques ou esthétiques relève de la composition architecturale et portera la marque de notre temps »<sup>21</sup>.*

#### **I.1.2. La rénovation**

Signifie l'action de remettre à neuf, la démolition en vue d'une reconstruction nouvelle<sup>22</sup>. On lui reproche sur le plan social de rompre les liens de quartier, et de favoriser la formation de quartier de luxe ou de centres d'affaires au détriment des habitants. Sur le plan morphologique, d'opposer sans transition les quartiers rénovés aux tissus historiques<sup>23</sup>.

---

<sup>20</sup> Pascale J. Ope. Cite. p. 14.

<sup>21</sup> Charte de Venise : Conservation et Restauration des Monuments et des Sites, II<sup>ème</sup> Congrès international des architectes et des techniciens des monuments historiques. Venise, 1964. Adoptée par ICOMOS en 1965.

<sup>22</sup> Choay F, Merlin P : Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement. Edition PUF. 1988.

<sup>23</sup> Benazzouz K. sauvegarde du patrimoine culturel dans le contexte du développement durable : le cas de la ville de Bejaia. Mémoire de magister, sous la Direction de Dahli M. UMMTO. 2009. p. 103.

### I.1.3. La préservation

Elle est définie comme : « *action globale de protection du patrimoine architectural et naturel, contre l'action destructrice des hommes, par une législation appropriées et sa conservation dans le temps à l'aide de techniques d'entretien, de consolidation et de restauration pouvant, elles aussi ressortir à une codification légale* »<sup>24</sup>.

### I.1.4. L'entretien

L'entretien est défini par la Charte Burra<sup>25</sup>, article I : « *l'action qui prodigue des soins protecteurs à la matière et aux contextes d'un lieu ou d'un bien patrimonial* ». De ce fait, l'entretien correspond à l'ensemble des travaux périodiques réalisés sur le bâtiment, par des moyens réduits qui empêche l'apparition de désordre, le supprime ou en arrête l'extension<sup>26</sup>. On l'assimile à l'idée de réparation des éléments endommagés<sup>27</sup>.

### I.1.5. La conservation

La Charte de Venise définit la conservation comme une discipline qui fait appel à toutes les sciences et les techniques qui peuvent contribuer à sauvegarder autant l'œuvre d'art que le témoin d'histoire. Nous distinguons deux types de conservation<sup>28</sup> :

**I.1.5.1. La conservation préventive** : c'est l'ensemble des mesures et actions ayant pour objet d'éviter et de minimiser les détériorations ou pertes à venir. Elle a pour but la sauvegarde du patrimoine bâti, le protéger des agressions de l'environnement, sans modifier l'apparence des matériaux, quel que soit leur ancienneté et leur état.

**I.1.5.2. La conservation curative** : l'ensemble des actions directement entreprises sur un bien culturel ou un groupe de biens ayant pour objectif d'arrêter un processus actif de détérioration ou de les renforcer structurellement.

## I.2. Les quatre niveaux d'intervention

Selon l'importance des travaux envisagés sur le bâtiment, on distingue quatre niveaux de réhabilitation à savoir : la réhabilitation légère, moyenne, lourde et exceptionnelle, tel qu'il a été expliqué dans le rapport de Nora<sup>29</sup> sur l'amélioration de l'habitat ancien :

---

<sup>24</sup> Choay F, Merlin P. Op. Cite.

<sup>25</sup> Charte de Burra, Charte d'ICOMOS Australie pour la conservation de lieux et de biens patrimoniaux de valeur culturelle, 1979 articles 1.5.

<sup>26</sup> Bureau Veritas. Guide Veritas du bâtiment. Editions le Moniteur 1988.

<sup>27</sup> Perret J. Guide de la maintenance des bâtiments. Editions le Moniteur, 1988.

<sup>28</sup> Résolution à soumettre à l'approbation des membres de l'ICOM-CC, à l'occasion de XV<sup>ème</sup> Conférence Triennale. Terminologie de la Conservation-restauration du patrimoine culturel matériel. New-Delhi, septembre 2008. Téléchargé en Mars 2012.

<sup>29</sup> Simon N, Bertrand E. Rapport sur l'amélioration de l'habitat ancien. Paris. 1975.

### **I.2.1. La réhabilitation légère**

Elle consiste en l'installation d'un équipement sanitaire complet avec salle d'eau y compris les canalisations. Elle ne comporte pas de travaux sur les parties commune de l'immeuble ni l'installation de chauffage, en revanche elle intervient sur les parties esthétiques et décoratives du bâti.

### **I.2.2. La réhabilitation moyenne**

A ce stade, le bâtiment ne présente pas de désordres au niveau de sa structure porteuse. Les travaux entrepris concernent les parties communes (peintures et ravalement de façade...), et les parties privatives intérieures (réfection de l'électricité et des peintures). Parfois, et pour des raisons de confort, on procède à l'installation des équipements de climatisation et de chauffage.

### **I.2.3. La réhabilitation lourde**

En plus des travaux précédemment décrits, elle comprend, non seulement le ravalement des façades, la redistribution des espaces, la réfection des toitures et charpentes, mais également, des interventions sur les maçonneries, les planchers et le gros œuvre.

### **I.2.4. La réhabilitation exceptionnelle**

A ce niveau d'intervention, le bâtiment présente un état de dégradation avancé portant atteinte à sa stabilité structurelle. La liste des travaux à entreprendre comprend la reprise ou le remplacement de la structure porteuse quand celle-ci est compromise.

## **I.3. Réussir une opération de réhabilitation**

Nous évaluons le niveau de réussite d'une opération de réhabilitation effectuée sur un patrimoine bâti, si celle-ci obéit à des principes de base, ou du moins si elle suit un raisonnement servant de point de départ et qui demeure le fil conducteur de l'opération de réhabilitation<sup>30</sup>. Ces principes dont il est question sont<sup>31</sup> :

### **I.3.1. La sensibilisation**

Nous voulons dire par là, sensibiliser les usagers et les intervenants à l'architecture du bâtiment. Autrement dit, sensibilisé au style et au système constructif du bâti, pour une

---

<sup>30</sup> Bouaziz S. Elaboration d'un consensus de réhabilitation du patrimoine industriel pérennisant son authenticité dans le contexte algérien, cas des ateliers de maintenance S.N.T.F. EL-Hamma, Alger. Mémoire de magistère, dirigé par Dahli M, UMMTO. 2011. p. 47.

<sup>31</sup> Pascale J. Ope. Cite. p. 28.

meilleure compréhension des enjeux du travail de réhabilitation et pour l'évolution du regard qu'ils portent sur le bâtiment lui-même.

### **I.3.2. La durabilité**

C'est de programmer à long terme dans le but d'anticiper les évolutions des populations et les transformations des constructions dans le temps, et pour que le bâtiment puisse rattraper à tout moment l'évolution des besoins des usagers en termes de confort. Ceci en adoptant, lors de l'opération de réhabilitation, des aménagements qui facilitent l'adaptation aux changements à venir.

### **I.3.3. La réversibilité**

On entend par réversibilité, la possibilité de revenir en arrière après une intervention. L'architecte Reichen Bernard<sup>32</sup> propose d'y avoir recours à la fois sur le plan conceptuel, c'est-à-dire laisser lisible chaque période d'une histoire pour ne s'en approprier aucune. Et sur le plan constructif, c'est-à-dire créer un système de dissociation qui permet de respecter le bâtiment tout en travaillant sur sa modernisation<sup>33</sup>.

## **II. Principes méthodologiques d'une opération de réhabilitation**

Avant tout projet de réhabilitation, une étude préalable sur le terrain est nécessaire pour constater l'état du bâtiment, évaluer les moyens à mettre en œuvre pour sa réhabilitation et estimer le besoin d'intervention. Ça consiste à une série de travaux préalables qui permettent d'avoir une bonne connaissance du bâtiment, de ses techniques constructives et tous les éléments qui concernent le système structurel. Elle s'effectue suivant une méthodologie comportant trois phases : le pré-diagnostic, les études pluridisciplinaires et le diagnostic, ceci est un programme indispensable pour réaliser des travaux cohérents et conformes aux objectifs fixés.

### **II.1. Pré-diagnostic**

C'est le point de départ de chaque opération de réhabilitation<sup>34</sup>, une étape fondamentale dans laquelle le diagnostiqueur, chargé d'effectuer les visites sur site, compile les

---

<sup>32</sup> Reichen B. les leçons de la reconversion, constructions d'hier, usages d'aujourd'hui, enjeux et problématique autour du patrimoine, 1998, p. 55. Version PDF: [http://www2.logement.gouv.fr/publi/accesbat/coll98/058\\_066.PDF](http://www2.logement.gouv.fr/publi/accesbat/coll98/058_066.PDF). Téléchargé en Septembre 2012.

<sup>33</sup> Idem.

<sup>34</sup> Méthode RehabiMed pour la réhabilitation de l'architecture traditionnelle méditerranéenne. RehabiMed. Aout 2005. p. 22.

informations de base, nécessaires à la prise de décisions face à une éventuelle réhabilitation du bâtiment<sup>35</sup>.

### **II.1.1. Objectif du pré-diagnostic**

Le pré-diagnostic est déterminant dans le processus de réhabilitation technique, une étape à ne pas marginaliser ni contourner<sup>36</sup>, son objectif majeur est de dresser une première évaluation de l'état de conservation du bâtiment considéré, afin d'orienter le maître d'ouvrage vers des interventions simples à mettre en œuvre et des études plus approfondies si nécessaire. Lors de ce pré-diagnostic, l'intervenant fera l'analyse de l'existant et tachera de rassembler un ensemble de données, à savoir<sup>37</sup> :

- des renseignements d'ordre urbanistique (autorisation et affectation de la planification urbanistique, degré de protection patrimoniale de la zone et/ou du bâtiment, aides économiques pour la réhabilitation...);
- des renseignements sur le système constructif (principal système structurel, condition physique des éléments architecturaux, état de conservation des matériaux...);
- ses valeurs architecturales et les pathologies qui l'affectent ;
- des renseignements sur les conditions socioéconomiques des habitants (locations, propriétaires, possibilités de conservation du bâti, le classer selon son état de dégradation pour ainsi évaluer les moyens à mettre en œuvre pour sa réhabilitation...).

### **II.1.2. Modalités de réalisation du pré-diagnostic**

Le diagnostiqueur doit emprunter une démarche comportant trois étapes suivantes<sup>38</sup> :

#### **1. Collecte préalable de renseignements (avant la visite du bâtiment)**

Il est préférable de préparer la visite à l'avance, cette étape doit se faire en amont de l'intervention. Elle se base sur la collecte de renseignements concernant l'objet à réhabiliter. Pour ce faire, l'architecte et/ou l'ingénieur doit fournir des réponses à un nombre de questions du genre : Avons-nous l'autorisation de visiter ? Les prioritaires seront-ils présents ? Existe-t-il des plans ?...etc. Ce qui permettra de gagner du temps pendant la période d'expertise (diagnostic) et donc diminuer le coût d'intervention et de préparer son plan d'action.

#### **2. Visite du site et investigations**

---

<sup>35</sup> ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie). Guides et cahiers techniques : pré-diagnostic dans les bâtiments. Version 2007, p. 4. Téléchargé en Décembre 2011.

<sup>36</sup> Méthode RehabiMed. Op. Cite. p. 22.

<sup>37</sup> Idem. p. 5.

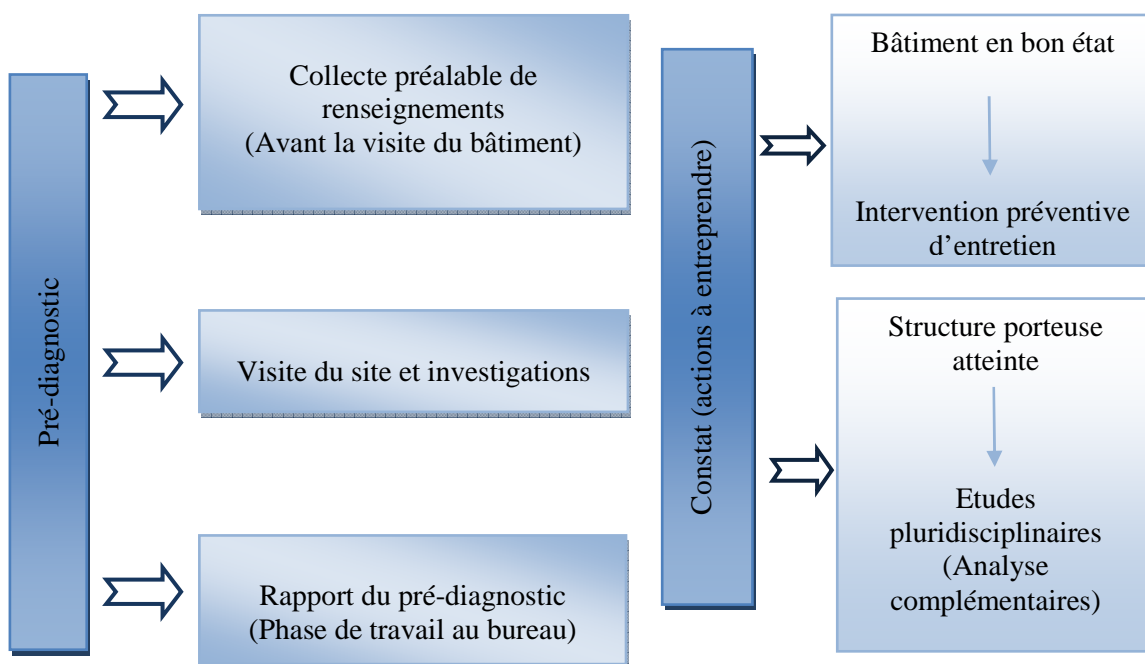
<sup>38</sup> Ibid. pp. 5-6.

Il s'agit d'effectuer une visite d'inspection visuelle du bâtiment dans un ordre et avec une organisation qui permettra de n'oublier aucun élément, ni problème déterminant.

Le parcours d'inspection commence à l'extérieur du bâtiment (observer les lésions sur les façades, les menuiseries extérieurs, faire le tour du bâtiment, inspecter l'environnement immédiat...), ensuite, on passe à l'intérieur, où l'on observe les éléments de communication, jusqu'à la couverture, ainsi que le système d'évacuation des eaux. Cette étape permet à premier temps d'apporter une appréciation qualitative globale de l'ensemble du bâtiment.

### 3. Phase de travail au bureau (rapport du pré-diagnostic)

A l'issue de la visite d'investigation, le diagnostiqueur procèdera à une analyse des données recueillis sur le terrain et rédigera un rapport. Ce dernier, contiendra une fiche de synthèse rédigée selon un modèle type, elle rassemblera les principaux résultats issus du pré-diagnostic ainsi que les préconisations<sup>39</sup>. La conclusion de ce travail, doit permettre de proposer deux actions à entreprendre : soit une simple intervention préventive d'entretien pour les bâtiments en bon état<sup>40</sup>, soit requérir à des études pluridisciplinaires complémentaires pour les bâtiments dont la structure porteuse est atteinte, dans le but d'élaborer un bon diagnostic avant de pouvoir entreprendre les travaux de réhabilitation<sup>41</sup>.



**Figure I.1** : Schéma récapitulatif de la phase du pré-diagnostic.

<sup>39</sup> Bureau Vertas. Guide vertas du bâtiment. Edition le Moniteur, 1988.

<sup>40</sup> Idem.

<sup>41</sup> Méthode RehabiMed. Op. Cite. p. 22.

## **II.2. Les études pluridisciplinaires**

Cette phase consiste à récolter toutes les informations, dans tous les domaines que l'on juge nécessaire pour parvenir à une connaissance profonde du bâtiment. Elle comprend les études socio-économique, historique et documentaire, le domaine architectural, l'inspection détaillée du bâtiment, l'analyse constructive et structurelle, les essais in-situ et au laboratoire<sup>42</sup>. En effet, elle concerne simultanément plusieurs disciplines et nécessite la consultation de divers spécialistes ce qui permettra d'enrichir la recherche et de livrer des hypothèses afin de réussir la réhabilitation de l'objet d'étude.

### **II.2.1. Domaine social**

#### **II.2.1.1. Approche socio-économique**

Cette phase s'articule sur des temps d'enquêtes où l'on va à la rencontre des personnes dans leurs habitats, leur vie sociale, et leur cadre de vie. C'est pourquoi la réhabilitation commence en général par une enquête sociale qui vise à recueillir des données précises sur le logement et sur ses conditions d'occupation, sur les revenus des ménages et entre autre l'attachement des habitants à leur logement et à leur quartier<sup>43</sup>, l'objectif est de corriger le programme fonctionnel de la maison.

#### **II.2.1.2. Approche anthropologique**

Qui consiste à obtenir des renseignements quand à la signification sociale de la maison, l'usage des espaces, les coutumes et les manières d'habiter qui sont en danger de disparition<sup>44</sup>.

### **II.2.2. Domaine historique**

Cette étape consiste à établir une étude historique et documentaire du bâtiment. Sous le titre « historique » sont données toutes les informations contenues dans les textes et les récits relatifs à l'histoire du projet. Autrement dit, c'est un récit descriptif de l'architecture de la maison, de sa composition en plan, de son usage, de ses matériaux constructifs, et de son environnement. Bref, il s'agit de reconstituer les différentes étapes de son histoire<sup>45</sup>.

Sous le titre « documentaire » est donnée la liste des sources et travaux historiques consacrés au bâtiment, et ceci en exploitant les pièces d'archives, les documents graphiques

---

<sup>42</sup> Corpus Levant (EUROMED HERITAGE, MEDA, CORPUS). Architecture traditionnelle libanaise, in « *le diagnostic comme étape préalable à toute intervention de réhabilitation ou d'entretien* ». 2004. Site Web: [www.meda-corpus.net](http://www.meda-corpus.net) . p. 34. Téléchargé en Juillet 2011.

<sup>43</sup> Méthode RehabiMed. Op. Cite. pp. 23-24.

<sup>44</sup> Idem.

<sup>45</sup> Jean-Marie Pérouse de Montclos. La monographie d'architecture. Collection et Méthodes n°10. 2001. p. 18. Téléchargé en Octobre 2011.

anciens (plans, coupes, élévations, palan cadastral...), les photos aériennes ou même les photos anciennes peuvent être précieuses pour voir l'état de la maison<sup>46</sup>.

D'un côté, le bâtiment lui-même est un document historique qui peut être soigneusement étudié par la méthode archéologique du bâti<sup>47</sup>, qui par définition est une discipline qui étudie les élévations de toute construction bâtie, insiste non seulement sur la vie du bâtiment, les différentes phases de construction qu'il a connu, mais aussi sur les techniques mises en œuvre<sup>48</sup>.

De l'autre côté, l'histoire orale, joue un rôle important dans la réhabilitation de l'architecture traditionnelle<sup>49</sup>. Grâce à la consultation des personnes d'un certain âge, il est possible d'obtenir des renseignements très utiles sur le bâtiment ainsi que sur les techniques de constructions traditionnelles.

### **II.2.3. Domaine architectural**

Il s'agit au fait, d'établir un état des lieux actuels de la maison et de son architecture, grâce à une étude technique et graphique à savoir :

#### **II.2.3.1. Le relevé**

Il vient compléter l'analyse historique de l'œuvre architectural, il est fait dans le cas où il n'y a pas de documentation graphique concernant l'ouvrage en question. Le relevé d'architecture est une représentation graphique, il s'agit d'un dossier qui réunit un ensemble de dessins du bâtiment (représentations en plan, en coupe et en élévation), il permet d'en transcrire la forme, les dimensions et la nature<sup>50</sup>. C'est une opération qui a pour but de connaître l'édifice dans sa globalité. Relever, signifie comprendre l'œuvre que l'on étudie, pénétrer sa réalité profonde et en retirer toutes les valeurs dimensionnelles, constructives, formelles et culturelles<sup>51</sup>.

##### **II.2.3.1.1. Les différentes phases du relevé**

Le relevé comporte trois phases :

---

<sup>46</sup>Jean-Marie Pérouse de Montclo. p. 44.

<sup>47</sup> Soukane S. Préservation du patrimoine colonial (habitat) du 19<sup>ème</sup> 20<sup>ème</sup> siècle : Présentation d'un guide technique de réhabilitation, Mémoire de magister, sous la direction de Dahli M., UMMTO, Mai 2010. p. 16.

<sup>48</sup> Idem.

<sup>49</sup> Méthode RehabiMed. Op. Cite. p. 24.

<sup>50</sup> Baret Y. Restaurer sa maison : guide d'intervention sur le bâti ancien. Editions Eyrolles. 2006, p. 22.

<sup>51</sup> Nafa C. Le relevé scientifique. Rapport de conférence in séminaire international « La conservation du patrimoine didactiques et mise en pratique ». Université Mentouri, Constantine. 2009. Disponible sur le site : <http://www.umc.edu.dz/vf/images/patrimoine/axe4/NAFA-RESUME.pdf>. Téléchargé en Octobre 2011.

**1. Phase 1: le croquis :** dessiner un croquis des plans, des coupes, des façades et des perspectives, fait sur place à main levée en conservant les proportions.

*1<sup>ère</sup> étape :* Plan de masse : cette étape consiste à réaliser un plan de masse des constructions les unes par rapport aux autres et selon les limites du terrain. Le plan de masse situe la maison et ses annexes sur sa parcelle.

*2<sup>ème</sup> étape :* relevé des plans : il faut exécuter ensuite un dessin très schématique des plans en essayant de conserver les formes et les proportions corrects. Il n'est même pas nécessaire que les croquis soient faits à une échelle déterminée. Il est important d'indiquer toutes les dimensions à prendre (lignes de cotes) de la maison à réhabiliter. Pour la vue en plan des bâtiments anciens, il est nécessaire de trianguler toutes les cotes afin de reporter les faux équerres des murs, de même, il est préférable de vérifier les aplombs de ces derniers<sup>52</sup>.

*3<sup>ème</sup> étape :* on dessine une vue simplifiée des coupes et des façades. Les coupes doivent donner les informations concernant les hauteurs, l'emplacement vertical des ouvertures dans les murs. Les façades et les élévations d'intérieurs sont représentées de manière ordinaire.

## **2. Phase 2 : mesurage et inscription des chiffres de cote**

On reporte ensuite les cotes générales : longueurs, largeurs, intérieurs, extérieurs, puis celles des portes, fenêtres, escaliers, trémies...etc. Le mesurage est fait d'habitude avec un décimètre ou un cordeau. Afin que les cotes correspondent au réel, les instruments de mesurage doivent être bien tendus.

## **3. Phase 3 : dessin technique à l'échelle**

A la fin de ces différentes étapes, il faut effectuer une mise au propre, généralement réalisée au bureau, il s'agit d'exploiter le relevé et de reconstituer précisément la géométrie de la maison. C'est une traduction graphique qui contribue à mieux comprendre la demeure. Il existe de multiples moyens pour la réalisation du relevé métrique descriptif, depuis le système manuel à l'aide d'un mètre linéaire et la triangulation, jusqu'aux systèmes récents de scannage tridimensionnel, en passant par le distanciomètre laser, le théodolite et la photogrammétrie. Le plus naturel dans l'architecture traditionnelle est l'emploi du relevé manuel, qui bien exécuté dans ces constructions simples, n'a rien à envier en précision aux moyens les plus technologiques<sup>53</sup>.

---

<sup>52</sup> Soukane S. Op. Cite. p. 18.

<sup>53</sup> Vegas F, Mileto C. Le programme d'études in RéhabiMed, outil 3, relevé métrique descriptif. [http://www.rehabimed.net/Publicacions/Metode\\_Rehabimed/II.%20Rehabilitacio\\_Ledifici/FR/2e%20partie.%20Outil3.pdf](http://www.rehabimed.net/Publicacions/Metode_Rehabimed/II.%20Rehabilitacio_Ledifici/FR/2e%20partie.%20Outil3.pdf). Téléchargé en Novembre 2011.

### **II.2.3.2. Le relevé photographique**

La photographie est conseillée pour compléter le relevé graphique, elle constitue un support descriptif de la maison. On a pour principe la réalisation d'une couverture photographique de l'édifice. Les photos servent alors d'aide-mémoire au moment de la rédaction du rapport d'inspection et de relevé<sup>54</sup>. Elles permettent ultérieurement de revenir autant que de besoin chercher des informations dans l'image, sans avoir à retourner sur le terrain.

Le relevé photographique doit se rendre compte, à la fois, de l'inscription de la maison dans son environnement, de sa composition d'ensemble, de l'organisation et des volumes de chacun de ses éléments, des façades, des communications entre l'extérieur et l'intérieur, des circulations, des espaces intérieurs et des détails de mise en œuvre ou de décor<sup>55</sup>. La photographie apporte, en plus, des informations quant à la couleur, au matériau, à la texture, à l'état de conservation... renseignements que le dessin graphique ne peut pas refléter.

### **II.2.3.3. Le relevé des abords de la maison**

Il s'agit de faire un repérage de tous les facteurs extérieurs à la maison, qui peut être à l'origine de certains désordres : effectuer un relevé de toutes les constructions situées aux abords de la maison (bassin, puits, réseaux routiers...) mais aussi de tout le couvert végétal.

## **II.2.4. Domaine constructif**

### **II.2.4.1. Relevé des modes de construction et des matériaux**

Ça consiste à faire l'inventaire typologies constructives du bâtiment à savoir : les matériaux utilisés, sites de prélèvement des matériaux de proximités, et modes constructifs des ouvrages bâtis. Ce relevé nous permet d'identifier tous les types de matériaux employés : les types de maçonneries, les mortiers employés, les badigeons intérieurs, les types de plancher, les couvertures, mais aussi les détails constructifs et les techniques de mise en œuvre des matériaux ce qui apportera une réponse à leur fonction ainsi que la compatibilité physique entre eux<sup>56</sup>.

L'identification précise des divers matériaux et techniques constructives employés dans le bâtiment offre de nombreuses explications pour comprendre les pathologies et par conséquent facilite le choix du processus de consolidation et de réparation des éléments construits.

---

<sup>54</sup> Bergeron A. La rénovation des bâtiments. Les presses de l'université Laval. Collège du vieux Montréal 2006, p. 43. Livre Consulté en ligne sur le lien : <http://books.google.fr/>

<sup>55</sup> Baret Y. Op. Cite. p. 26.

<sup>56</sup> Vegas F, Mileto C. Ope. Cite. p. 115.

### II.2.4.2. Relevé des pathologies

Si du point de vue de la médecine, le terme « pathologie » désigne la science qui a pour objet l'étude des causes et des symptômes des maladies et des effets qu'elles provoquent. En architecture, est pathologique toutes les anomalies qui porte atteinte à l'intégrité des structures au sein d'un bâtiment, ainsi le mot « pathologie » dans le langage des architectes renvoie à l'étude du cadre lésionnaires qui affectent les systèmes constructifs du bâtiment, leurs typologies ainsi que les causes qui les provoquent. Le tableau ci-dessous classe les pathologies qui peuvent atteindre un bâtiment en trois familles, à savoir : physique, mécanique et chimique, tout en dressant leur typologies et leur origines<sup>57</sup>.

<b>Famille</b>	<b>Lésions</b>	<b>types</b>
<b>PHYSIQUE</b>	Humidité	Capillaire ; de condensation ; accidentelle ; de filtrage ; des travaux...
	Saleté	Par dépôt ; par nettoyage différentiel.
	Erosion	Météorologique
<b>MECANIQUE</b>	Déformation	Tassement ; effondrement ; flambement ; gauchissement ; flèche
	Fissures	Par charges ; par dilatation- contraction
	Fissures superficielles	Par support ; par Finition
	Détachements	Finitions continues ; finitions par éléments
	Erosion	Coups et frottement
<b>CHIMIQUE</b>	Efflorescence	Formation de sels avec cristallisation
	Oxydation	Oxydation superficielle
	Corrosion	Oxydation préalable ; immersion ; aération différentielle ; paire galvanique
	Organismes	Animals et végétaux
	Erosion	Par pollution

**Tableau I.1** : Classification des pathologies liées au bâtiment. (Monjo-Carrio J, 2011)

<sup>57</sup> Monjo-Carrio J. Le diagnostic dans la restauration. Les études pathologiques, in workshop PG patrimoine architectural et urbain, EPAU d'Alger, Janvier 2011.

Ceci dit, nous attirons l'attention au fait que ce tableau est général, et que la typologie des pathologies doit se faire au cas par cas, étant donné la différence des matériaux et des techniques de mise en œuvre d'une construction à une autre.

En résumé, l'étude pathologique se fait par l'analyse des désordres affectant, d'une part les structures, à savoir : le terrain, les fondations et les planchers. Et d'une autre part, le bâtiment lui-même, à savoir : les façades, les couvertures et les enduits. Cette étude a comme finalité, la récupération constructive du bâtiment et celle de tous ses éléments, la récupération de sa fonctionnalité, son aspect et sa valeur historique<sup>58</sup>.

### II.2.5. Etudes environnementales

Elle doit son importance à la prise de conscience pour l'amélioration de la qualité environnementale du cadre bâti, à l'encontre de l'époque où les enjeux environnementaux n'étaient pas une préoccupation des pouvoirs publics. L'étude en question vise à adapter les travaux de réhabilitation aux exigences de la qualité environnementale et du développement durable, l'objectif est de mettre une stratégie visant l'intégration de la notion de durabilité lors des travaux de réhabilitation du bâti ancien<sup>59</sup>. Le souci majeur de cette approche est de maîtriser les différents rapports entre l'espace construit et son environnement extérieurs ; elle vise à satisfaire les exigences complémentaires suivantes<sup>60</sup> :

- La maîtrise des impacts du bâtiment sur son environnement extérieur ;
- La création d'un environnement sain et confortable pour les utilisateurs ;
- La préservation des ressources naturelles en optimisant leur usage et en réduisant les pollutions ;
- Minimisation des déperditions thermiques.

Pour ce, elle enveloppe des paramètres environnementaux techniques susceptibles d'être améliorés tels que<sup>61</sup> :

- Le confort thermique, acoustique, visuel, olfactif, hygrothermique et la qualité de l'air ;
- Hygiène et gestion des déchets ;
- La gestion de l'eau ;

---

<sup>58</sup> Monjo-Carrio J. Ope. Cite.

<sup>59</sup> Tebbouche H, Bouchair A. L'évaluation environnementale qualitative du vieux bâti : Méthodes et outils. Rapport de conférence in colloque international « la question du vieux bâti existant, à considérer comme un capital à gérer ». Université Mentouri de Constantine. Mai 2011. p. 2. Téléchargé en Décembre 2012.

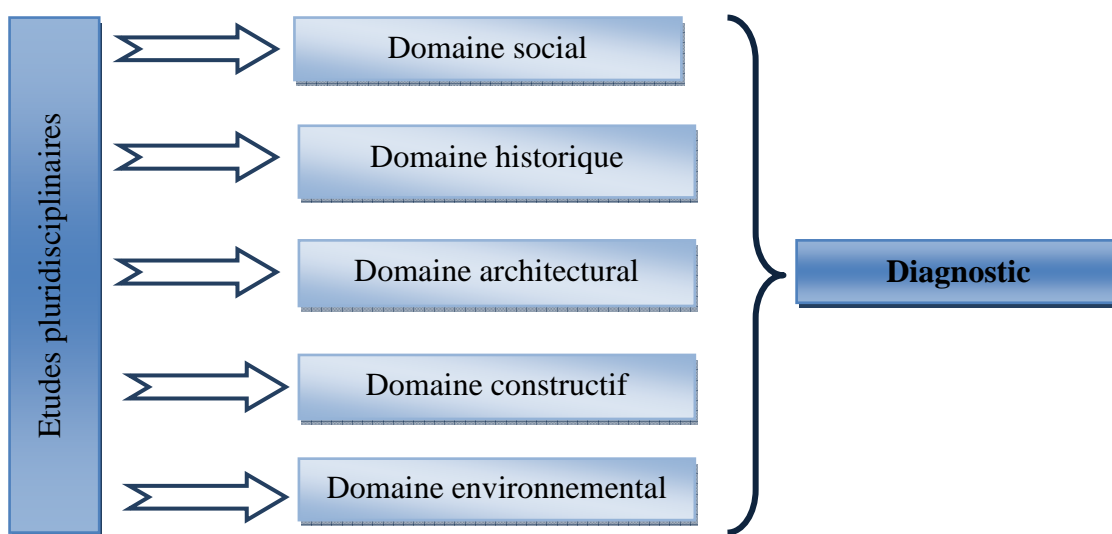
<sup>60</sup> Idem. p. 3.

<sup>61</sup> Ibid. p. 3.

- La qualité des matériaux et techniques de construction ;
- Les mesures de sécurité et de protection contre toute source de danger ;
- Les performances énergétiques.

### II.2.6. Etudes complémentaires

Il existe toute une série d'études spécifiques complémentaires réservées pour des interventions de plus grande envergure et de plus grand budget. Ci-dessous, certains d'entre elles, qu'un bâtiment traditionnel pourrait les nécessiter si les moyens techniques et économiques les permettraient<sup>62</sup> : archéologie, stratigraphie, géotechnique, caractéristique chimique et pétrographie, étude biologique, vulnérabilité sismique...



**Figure I.2 :** Schéma récapitulatif de la phase des études pluridisciplinaires.

### II.3. Diagnostic

Le diagnostic est la dernière étape qui survient dans l'étude et l'analyse d'un bâtiment en vue de sa réhabilitation<sup>63</sup>. Son élaboration exige l'analyse de toutes les informations qui ayant été récoltées lors des études pluridisciplinaires, pour juger des possibilités d'intervention. En effet, selon le degré d'altération détecté lors des études antérieures pluridisciplinaires- il permettra d'évaluer la faisabilité de l'opération de réhabilitation, des détails d'exécutions, des intervenants et de diminuer les risques d'imprévus en cours de chantier. Yves Baret, dans son livre « *restaurer sa maison : guide d'intervention sur le bâti ancien* »<sup>64</sup> décompose le

<sup>62</sup> Méthode RehabiMed. Op. Cite. p. 119.

<sup>63</sup> Bouaziz S. Op. Cite. p. 33.

<sup>64</sup> Baret Y. Op. Cite. pp. 30-31

diagnostic en quatre volets : quantitatif, constructif, paysager et environnemental, et enfin qualitatif.

### **II.3.1. Diagnostic quantitatif**

Il enveloppe l'ensemble des données chiffrées nécessaires pour mieux cerner les besoins du programme établi. Ça consiste à calculer les surfaces et les volumes disponibles pour la mise en œuvre du projet de réhabilitation, ceci grâce aux relevés déjà effectués. Les résultats peuvent être résumés dans des tableaux exprimant les besoins quantitatifs.

### **II.3.2. Diagnostic constructif**

Dans le cas de ce diagnostic, le dossier graphique préalablement réalisé va servir de support pour tous les renseignements techniques collectés au cours des différentes analyses et observations. Ce diagnostic s'appuie sur une analyse fine de l'état des structures porteuses et sur leurs capacités à supporter les interventions envisagées. Cette réflexion peut se résumer dans un tableau qui permettra de recenser et d'ordonner les différents points de ce diagnostic.

### **II.3.3. Diagnostic paysager et environnemental**

Ce type de diagnostic examine le bâtiment dans son environnement immédiat. Toute réhabilitation se doit d'aménager l'espace tout en respectant les ressources patrimoniales du milieu. Ce diagnostic attache une considération importante aux relations entre l'espace construit et son environnement extérieur : les principaux aspects environnementaux et leurs impacts, les relations matérielles et visuelles entre la construction et son site et avec le paysage de proximité et prendre en garde lors des travaux, à conserver les éléments construits et végétaux.

### **II.3.4. Diagnostic qualitatif**

Ce volet s'intéresse à la valeur patrimoniale des éléments architecturaux et leurs rôles structurels dans l'édification des ouvrages construits. Il prend en compte la qualité du savoir-faire et du génie constructif traditionnel. L'intérêt de ce diagnostic est d'intégrer dans le programme du projet des facteurs d'ambiance et d'émotions, faisant office de complément pour les données quantitatives et matérielles de la construction.

La première mission du diagnostic consiste à déchiffrer attentivement l'état des lieux, l'état sanitaire et physique de la maison, un moyen qui permet d'affirmer ou d'infirmer les hypothèses envisagées au début des études pluridisciplinaires à travers des observations et des

tests. Les résultats seront ordonnés et dressés dans trois cartes<sup>65</sup>, une carte des valeurs sur laquelle seront notées les valeurs spatiales, de couleurs, historiques artistiques de chaque partie ou de l'ensemble du bâtiment. Une deuxième carte des déficits sur laquelle seront notées la problématique sociale, les prestations du bâtiment, les lésions et les dégradations. Puis une troisième carte des usages précédents et/ou existants sur laquelle sera montré comment à été utilisé et comment est encore utilisé le bâtiment avant l'intervention. La mission s'achève par la rédaction d'un rapport d'expertise comportant les éléments suivant<sup>66</sup> :

- Présentation de l'immeuble : cette étape nous permet d'une part de faire une description générale de l'immeuble, et d'autre part, d'énumérer les différentes contraintes de situation, d'environnement et d'urbanisme. Elle nous permet également de recueillir les données relatives à l'occupation de l'immeuble et ainsi pouvoir énoncer les intentions éventuelles du demandeur.
- Examen du bâti : celle-ci nous permet, premièrement, d'identifier l'âge de l'immeuble, du type de bâti et de ses points névralgiques. Deuxièmement, d'effectuer un examen détaillé, des éléments composant l'immeuble (structure, enveloppe, équipements). Et enfin, de procéder à une description et interprétation des désordres constatés.
- Appréciations du confort et des charges : cela consiste en une indication du niveau moyen annuel des consommations de chauffage et des autres charges. Mais aussi une interprétation des informations recueillies et avis du diagnostiqueur sur le confort (thermique, acoustique...).
- Propositions (recommandations): cette dernière étape vise à émettre des propositions de remèdes aux désordres constatés; de faire une estimation financières sommaires, ainsi qu'une indication des études complémentaires souhaitables et des éventuelles mesures d'urgence à prendre.
- Annexe : Photos et/ou croquis explicatifs.

### **II.3.5. Principes d'un diagnostic réussi**

Le diagnostic est une phase importante dans une opération de réhabilitation, mais afin de garantir sa réussite certains principes doivent être respectés<sup>67</sup> :

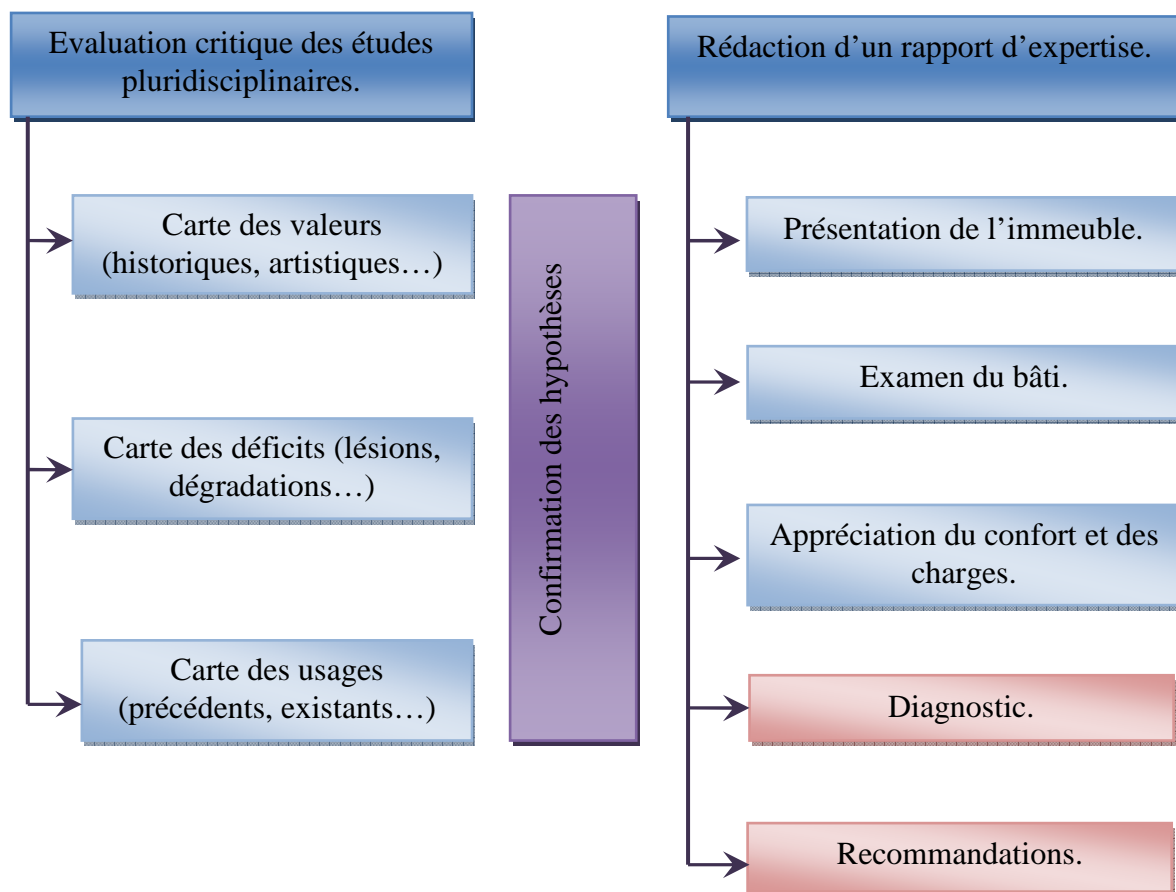
---

<sup>65</sup> Réhabimed. Bulletin trimestriel du projet pour promouvoir la réhabilitation de l'architecture traditionnelle méditerranéenne. Avril 2006. pp. 28-30.

<sup>66</sup> Agence Nationale pour l'Amélioration de l'Habitat (ANAH). Réhabiliter et entretenir un immeuble ancien point par point : diagnostics et démarches à entreprendre : treize exemples de techniques de réhabilitation, visites et contrats d'entretien. Le Moniteur. Paris 1993. p. 20.

<sup>67</sup> PASCALE J, Ope. Cite. p. 21.

- ✓ **La neutralité** : l'objectif d'un diagnostic est de relever les points positifs et négatifs d'un bâtiment. C'est pour cela qu'il faut éviter tout avis qui pourrait mettre en péril l'objectivité de l'opération.
- ✓ **L'ouverture du champ d'expertise** : le champ d'expertise doit être le plus ouvert possible. Pour ce faire il faut considérer le dysfonctionnement comme étant des résultats de multiples causes et d'une combinaison de plusieurs facteurs.
- ✓ **Le contexte et les usagers** : ce principe considère que le dysfonctionnement est fortement contextuel (site, environnement...) et lié aux usagers, aux habitants ou à l'organisme qui gère le bâtiment.
- ✓ L'étude de diagnostic élabore plusieurs hypothèses de transformation, accompagnées d'études de faisabilité.



**Figure I.3** : Schéma récapitulatif de la phase du diagnostic.

Sur la base du diagnostic technique réalisé au préalable ; l'ANAH et CNERIB ont instauré chacun un outil qui permet d'évaluer le niveau de dégradation d'un logement.

Ça consiste à transcrire les données recueillies, les répertoriées dans un tableau récapitulatif, ce qui permettra d'évaluer globalement et estimer le besoin d'intervention.

#### **II.4. La fiche de diagnostic du CNERIB**

La fiche du CNERIB se réfère à la méthode ASTM –American Standard for Testing Material- pour l'étude de l'évolution du comportement des constructions en terre et en plâtre. Elle a pour but de déterminer la durée de vie des constructions<sup>68</sup>. Elle subdivise la construction en six systèmes, chaque système englobe différentes parties du bâtiment. L'enquêteur mentionne sur un tableau les références correspondant aux dégradations observées avec leurs localisations, leurs causes et leurs origines. La fiche de diagnostic est accompagnée d'une fiche d'identification du projet, comportant son intitulé, sa date d'exécution, l'archive disponible ainsi que d'une deuxième fiche descriptive de l'ouvrage et de son système constructif. (Annexe 1).

#### **II.5. La grille d'évaluation de la dégradation de l'habitat par l'ANAH**

Suite à la réforme du régime des aides pour les travaux de réhabilitation des logements adopté par l'ANAH (Agence National pour l'Amélioration de l'Habitat), cette dernière a élaboré une « Grille d'évaluation de la dégradation de l'habitat ». (Annexe 2).

L'objectif de cette grille est d'évaluer la dégradation des différents ouvrages et équipements composant le bâti. Elle doit être accompagnée d'un reportage photo pour illustrer les désordres constatés sur les éléments et faciliter la compréhension des valeurs élevées de dégradation.

La grille, qui répond à une logique technique de visite, comporte :

- Un espace réservé pour le descriptif général du bâtiment, nous renseigne sur certaines informations d'ordre général à savoir : Adresse, année de construction... et des précisions techniques : surface habitable, nombres de pièces, nombre de niveau, consommation énergétique...
- Un espace consacré à la compréhension des principes caractéristiques du bâtiment, de son environnement, de son système constructif et de ses dysfonctionnements structurels.

---

<sup>68</sup> Kbaïli N. L'architecture de terre contemporaine en Algérie, évaluation post-occupation d'habitations rurales dans la région centre des hauts plateaux. Mémoire de magistère, dirigé par Pr. Bensalem R. EPAU. 2006. p. 73.

Pour en savoir plus sur l'utilisation de la grille, consulter le document publié par l'ANAH intitulé « Grille d'évaluation de la dégradation de l'habitat : mode d'emploi », disponible sur le site<sup>69</sup> officiel de l'agence.

### **Conclusion**

*L'essentiel à retenir de ce chapitre est qu'à l'instar des autres opérations d'interventions sur le patrimoine, la réhabilitation architecturale vise à prolonger la vie du bâtiment ancien. A rendre habitable ce qui ne l'est pas au regard des normes de confort usuelles d'aujourd'hui ou des contraintes structurelles imposées à la maison, elle adapte le bâti ancien à la norme conventionnelle de l'habitat aujourd'hui.*

*La réhabilitation architecturale met en œuvre une variété de techniques, de mode opératoire et de matériaux cohérents avec l'histoire de la maison. Quelle soit légère, moyenne, lourde ou exceptionnelle, le choix dépend du degré de dégradation dans lequel se trouve le bâti.*

*La réhabilitation doit sa réussite à la qualité du diagnostic entrepris, autrement dit, un diagnostic correctement réalisé mène forcément à une réhabilitation réussie. Pour qu'il soit fiable il se doit être méthodique, c'est-à-dire qu'il est absolument nécessaire de commencer d'abord par un pré-diagnostic qui nous permet d'avoir une idée générale sur le bâtiment à réhabiliter, ensuite il faut mener des études pluridisciplinaires, celles-ci nous permettent d'avoir une image précise de l'ouvrage, de son état actuel, de ses insuffisances et ses points forts. C'est seulement là, qu'il sera possible de définir les actions à entreprendre pour parvenir à la réhabilitation souhaitée.*

*La méthode à laquelle nous ferons appel dans la suite du document est technique, elle suppose que l'étude morphologique du tissu dont s'inscrit le bâtiment et l'étude sociologique comme déjà effectuées. Nous nous intéresserons aux différents systèmes constructifs des constructions en terre, aux symptômes pathologiques les affectant afin de proposer un éventail de techniques de réhabilitation aussi large que possible, sans prétendre à l'exhaustivité.*

---

<sup>69</sup> [http://www.anah.fr/fileadmin/anahmedias/Textes\\_et\\_publications/Guide/Guide\\_Grille\\_Evaluation.pdf](http://www.anah.fr/fileadmin/anahmedias/Textes_et_publications/Guide/Guide_Grille_Evaluation.pdf). Téléchargé en Février 2012.

## DEUXIEME CHAPITRE

TYPLOGIES STRUCTURELLES DES  
CONSTRUCTIONS EN TERRE CRUE

**Introduction**

Selon l'état hydrique et la structure granulaire de la terre, on dénombre en Algérie, une variété de pratiques constructives en terre crue. A ce sujet, deux techniques relevant du génie constructif traditionnel se distinguent, le thoub (brique de terre crue séchée au soleil) localisée, principalement, dans le sud du pays et les hauts plateaux et le pisé (terre banchée) localisé au nord surtout en Kabylie. Ceci dit, nous pouvons rencontrer la brique crue au nord tout comme le pisé au sud.

Dans le présent chapitre, seront présentées les différentes typologies constructives et éléments architecturaux de ces deux techniques, qui d'ailleurs sont les plus répandues. Cependant, dans l'incapacité de nous étendre à l'ensemble du territoire national, nous avons pris deux échantillons, l'un représentatif de la typologie constructive et structurelle de la terre banchée, l'autre de la brique de terre crue. Le tableau ci-dessous indique les sites visités, qui nous ont permis d'aborder le sujet de manière plus concrète. La manière dont nous abordons le sujet consiste à décomposer la construction en ces différents éléments constitutifs, les fondations, les murs porteurs, les couvertures, les planchers...etc. avec une présentation des techniques de mise en œuvre et de tous les matériaux utilisés.

Les techniques	Les wilayates	Les daïras	Les lieux visités
Le pisé (la terre banchée)	Tizi-Ouzou	Maatkas	Ait Ahmed ; Ait Zaim Icharkiyeu ; Ichaouadhien
		Beni Yenni	Thaourirt Mimoun
Le thoub (la brique de terre crue)	El-Oued	Djemaa	Ksar Tamarna Kedima
	Ouargla	Touggourt	Ksar Timacine
	Ghardaïa	Ghardaïa	Ksar Ghardaïa

**Tableau II.1** : Tableau représentatif des lieux visités

**I. Les murs porteurs**

**I.1. Les murs en terre banchée (Pisé)**

Nous avons jugé judicieux, et ce avant d'analyser les différentes variantes de mur en terre banchée, de passer en amont par la définition de cette technique, et éventuellement par la

présentation des éléments nécessaire pour la construction d'une maison en pisé (coffrage, choix de la terre... etc).

### **I.1.1. Le pisé**

Selon François Cointeraux<sup>70</sup> : « *le pisé est un procédé d'après lequel on construit les maisons avec de la terre, sans la soutenir par aucune pièce de bois, et sans la mélanger de paille ni de bourre. Il consiste à battre, lit par lit, entre des planches, à l'épaisseur des murs ordinaires, de la terre préparée à cet effet. Ainsi battue, elle se lie prend de la consistance, et forme un mélange homogène qui peut être élevée à toutes les hauteurs données pour les habitations* ».

Le pisé, mot français d'origine latine, fit son apparition à Lyon en l'an 1572. D'après l'œuvre de Goiffon, 1772, l'origine du pisé remonte aux anciens Romains, et s'est transmis de génération en génération dans le Lyonnais et dans les provinces voisines. C'est un procédé largement utilisé dans le passé et l'est encore aujourd'hui dans plusieurs pays du monde<sup>71</sup>. La technique consiste à élever des murs en superposant des couches de terre damées, à l'aide d'une dame en bois, dans un coffrage appelé : banches. Une fois le remplissage terminé, le coffrage est démonté pour être remonté à côté<sup>72</sup>. Le résultat est une maçonnerie monolithique, homogène, capable de supporter les efforts de compression<sup>73</sup>.

En Algérie et spécialement au nord, où cette technique est plus répandue, le principal nom vernaculaire est « Tabia » prononcé en kabyle « Tavia » ou « Thatavith ». Dans certains villages kabyles, on utilise le mot « ETTTOUB », à ne pas confondre avec le terme « Thoub » utilisé pour désigner la brique de terre crue. Ceci dit, dans le reste du document nous avons opté pour l'utilisation du mot « pisé ».

### **I.1.2. Choix de la terre à pisé**

C'est une terre argileuse prélevée juste en dessous de la terre végétale<sup>74</sup>, ayant une granulométrie variée (graviers, sables, argiles...) dans des proportions bien définies<sup>75</sup> : 15 à 25% d'argiles, 35 à 20% de limon, 40 à 50% de sables et 0 à 15% de graviers.

<sup>70</sup> Cointeraux F : architecte rurale, auteur de 72 fascicules. Ses écrits sont traduits à plusieurs reprises et se diffusent à travers le monde, contribuant ainsi au développement de la construction en pisé.

<sup>71</sup> Dali A. Etude de valorisation du patrimoine architectural de terre, cas de Ksour dans le sud algérien. Mémoire de magistère. Université Mohammed kheider, Biskra. 2001.

<sup>72</sup> Baloul N. Conservation et valorisation du patrimoine architectural en terre de la région du Twat-Gourara : cas du ksar Tmassekht. Mémoire de magistère, sous la direction de Dahli M. UMMTO. 2007. p. 90.

<sup>73</sup> Jeannet J., Pignal B., Scarato P. Bâtir en pisé : technique, conception, réalisation. Pisé terre d'avenir. Cahier technique n°3, 1998. p. 4.

<sup>74</sup> Idem. p. 14.

### I.1.3. Les propriétés fondamentales de la terre à pisé

On peut se référer aux travaux de CRATerre<sup>76</sup> afin de connaître les limites recommandées pour avoir une terre ayant des propriétés conformes à la mise en œuvre du pisé. Toutefois, les limites indiquées dans les diagrammes sont approximatives, des terres qui ne s'inscrivent pas dans les zones recommandées peuvent donner des résultats acceptables en pratique. La granulométrie variée de la terre sélectionnée, permet aux grains de s'empiler et d'occuper tout l'espace lors du compactage, et par conséquent, diminuer l'indice des vides dans le mur<sup>77</sup>.

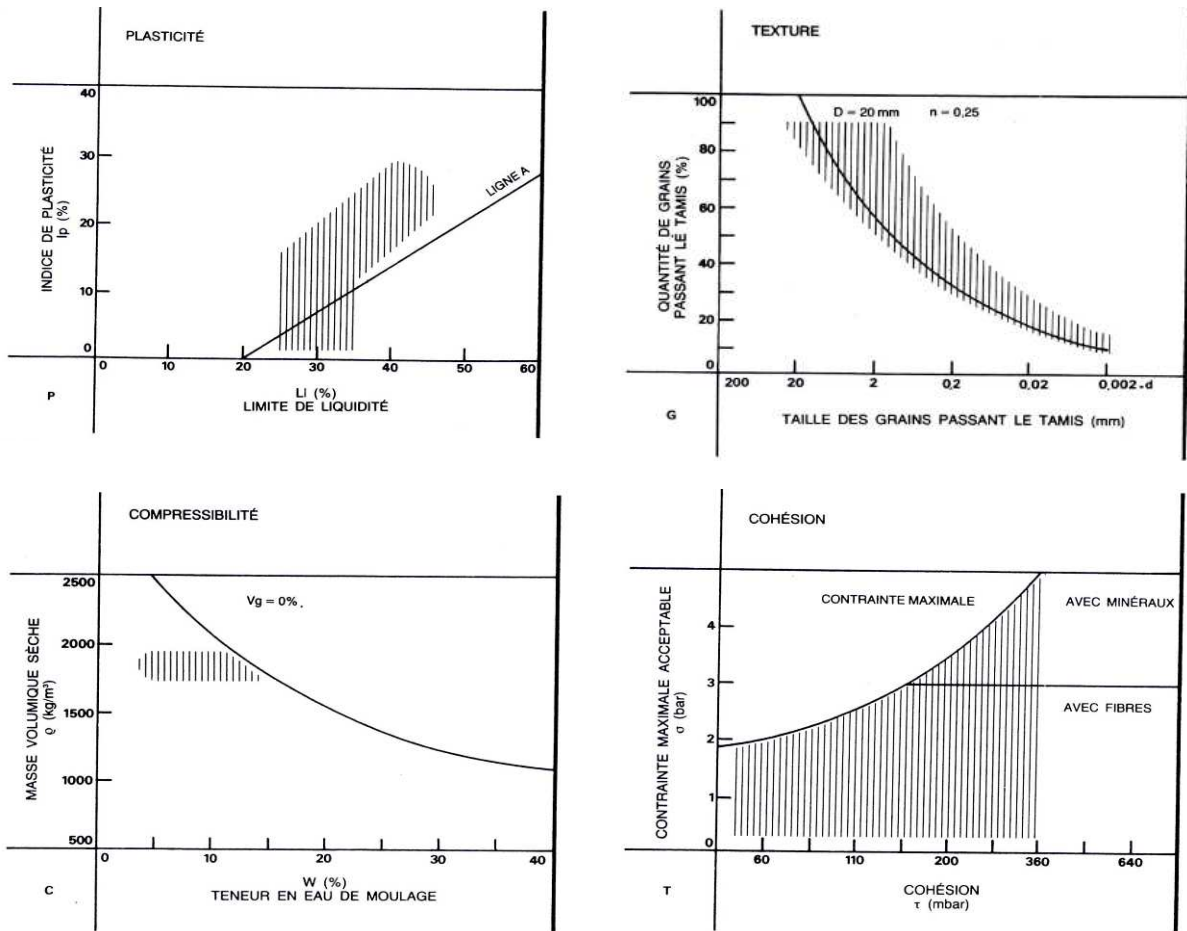


Figure II.1 : Diagrammes de limites recommandées pour la mise en œuvre du pisé. (CRATerre).

Le pisé travaille en compression, la plasticité et la compressibilité sont utiles pour l'humidification du mélange lors du malaxage et son compactage dans le coffrage avec la dame<sup>78</sup>, pour la cohésion, elle est utile pour résister à des déformations accidentelles. Afin de mieux choisir une terre le recours à des tests sur le terrain ou au laboratoire est primordial.

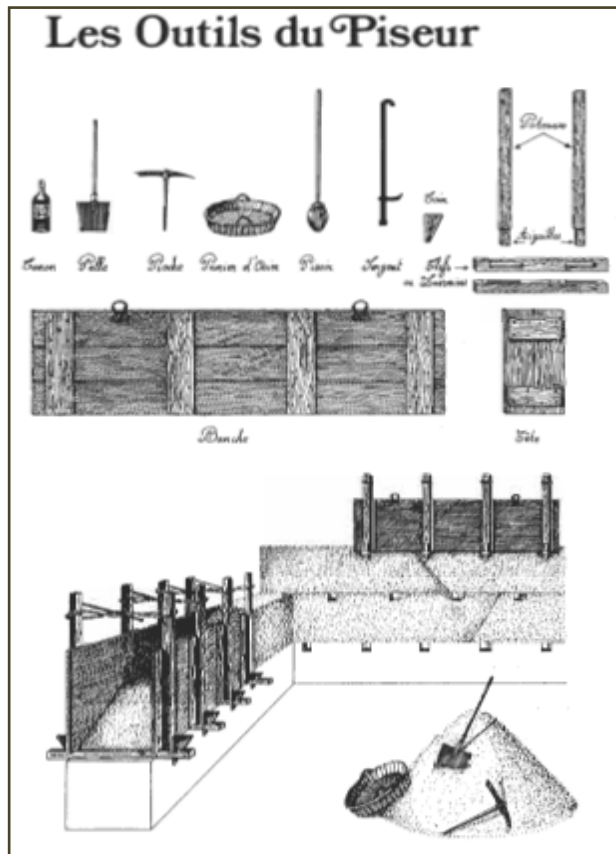
<sup>75</sup> Doat P, Hays A, Houben H, Matuk S, Vitoux F, (CRATerre). Construire en terre. Edition l'Harmattan. Paris. 1995. p. 17.

<sup>76</sup> Houben H, Guillaud H. Traité de construction en terre. Editions Parenthèses. Paris. 1989. p. 119.

<sup>77</sup> Jeannot J, Pignal B, Scarato P. Ope. Cite. p. 12.

<sup>78</sup> Idem.

**I.1.4. La mise en œuvre**



**Figure II.2 :** Les différents outils du piseur. (Source CRATerre, 1979).

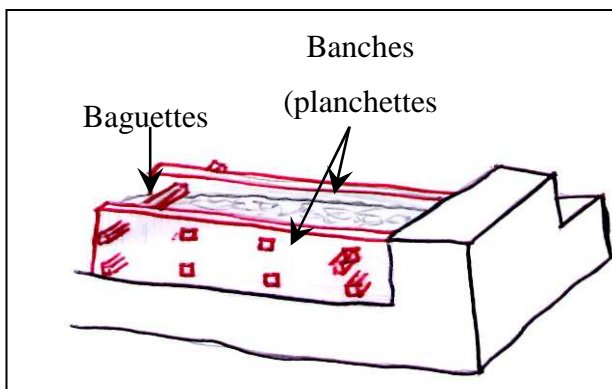
**I.1.4.1. Outillages**

Les outils présentés dans la figure II.2 sont les plus utilisés surtout dans la région Lyonnaise, mais ils existent d'autres variantes provenant de différents pays. Afin de bien comprendre le principe de réalisation, nous exposerons ici le modèle Auvergnate en France et nous ferons une comparaison avec le modèle utilisé en Algérie.

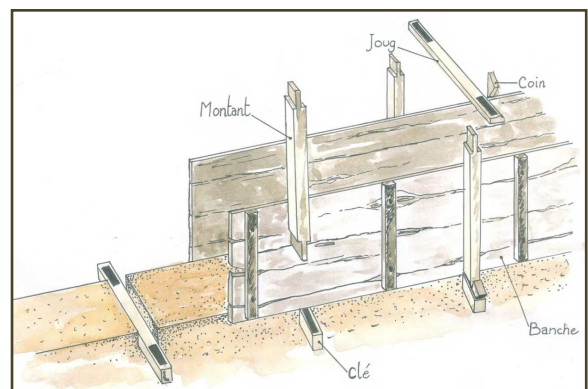
Les principaux outils sont : les banches, tête de banches, poteaux, pisoir (dame), pioche et pelle, coins et clés.

**I.1.4.1.1. Le coffrage**

Le coffrage se compose d'un ensemble de pièces qu'on assemble pour la construction d'un mur en pisé (figures : II.3 et II.4).



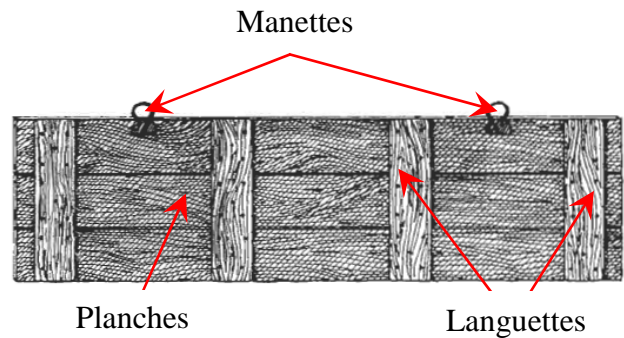
**Figure II.3 :** Coffrage traditionnel (Source : Architecture Traditionnelle Méditerranéenne).



**Figure II.4 :** Coffrage d'Auvergne. (Source CRATerre).

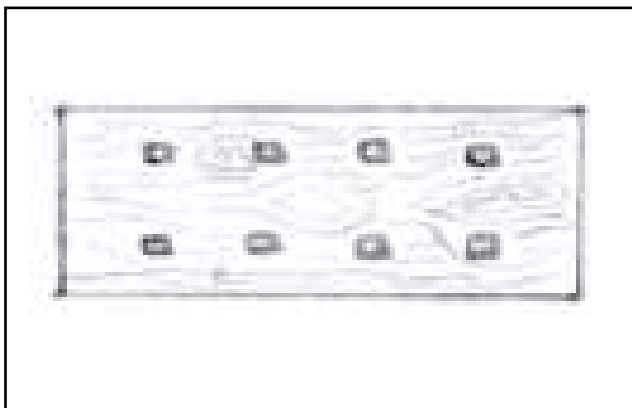
### I.1.4.1.1. La banche

C'est une pièce de bois, d'une hauteur de 90 cm<sup>79</sup>, fabriquée à l'aide de 3 ou 4 planches droites, avec un intérieur raboté et sans nœuds, afin d'obtenir un parement lisse et empêcher la terre d'adhérer aux planches. Ces dernières sont assemblées par rainure et languette. Les banche sont menues de poignées permettant de les transporter d'un endroit à un autre.

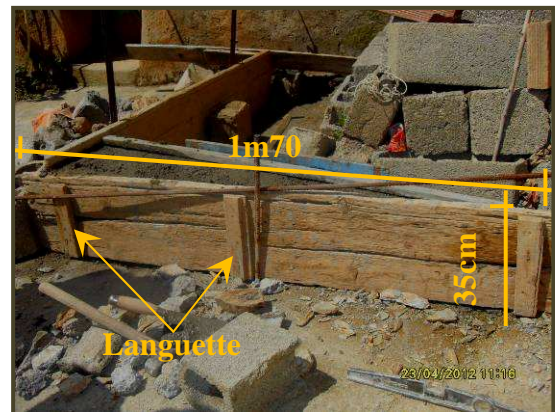


**Figure II.5 :** Les différentes parties d'une banche. (Source CRATerre).

Une autre variante de banche existe en Algérie, elles sont munies de huit perforations pour faire passer des baguettes qui servent à liaisonner les banche (figure II.6). La photo II.1 montre une variante de banche traditionnelle utilisée très exactement à Maatkas dans le village d'Ichaouadhien (Tizi-Ouzou), récupérée ici comme coffrage pour couler le béton.



**Figure II.6 :** Variante de banche (Source Architecture Traditionnelle Méditerranéenne)

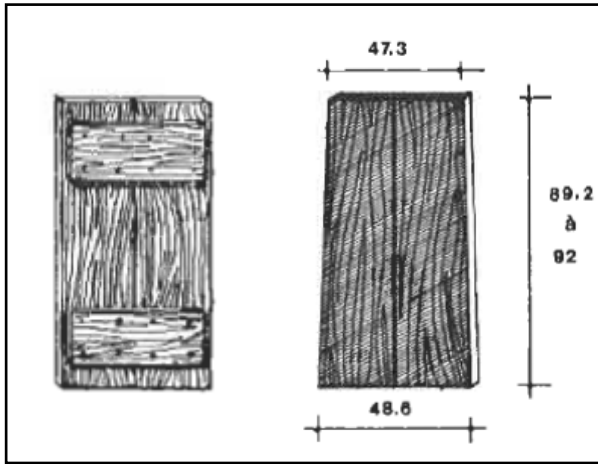


**Photo II.1 :** Banche traditionnelle (Maatkas)

### I.1.4.1.1.2. Fond de banche

C'est le fond de moule ou le closoir, il est formé de deux planches assemblées à l'extérieur de deux planchettes de la banche. Son rôle est de maintenir la terre, lors du compactage. Ses dimensions varient selon l'espacement des banche. Nous remarquons, également, que le fond de banche, qu'il soit du modèle Auvergnate ou Algérien, est confectionné pratiquement de la même façon (figure II.7 et photo II.2).

<sup>79</sup> Doat P, Hays A, Houben H, Matuk S, Vitoux F (CRATerre). Ope. Cite. p. 13.



**Figure II.7 :** Fond de banche Auvergnate (Source CRATerre).

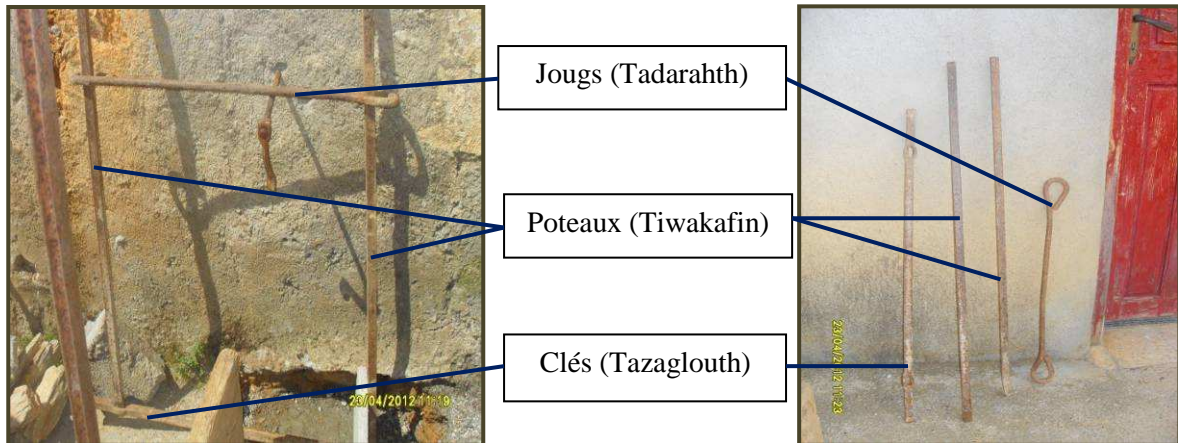


**Photo II.2 :** Fond de banche (Maatkas, Algérie).

Le Tableau ci-dessous résume les autres éléments du coffrage (Source CRATerre).

<p><b>I.1.4.1.1.3. Les poteaux (Montants)</b></p> <p>Les poteaux sont faits en bois de sciage équarri, en soliveaux ou en chevrons, ils dépassent généralement la hauteur des banches de 50 cm environ.</p> <p><b>Figure II.8 :</b> les poteaux</p>	<p><b>I.1.4.1.1.4. Les clés</b></p> <p>Elles sont en bois dur avec une épaisseur de 8 cm, une largeur de 9,5 cm et une longueur de 1,14m.</p> <p><b>Figure II.9 :</b> les clés.</p>
<p><b>I.1.4.1.1.5. Les jougs</b></p> <p>Sont fixés sur la partie supérieure des poteaux et assurent la cohésion de l'ensemble.</p> <p><b>Figure II.10 :</b> les jougs</p>	<p><b>I.1.4.1.1.6. Les coins</b></p> <p>Ils sont enfoncés dans les clés et les jougs, leur rôle est de serrer les poteaux et les banches, ce qui donne la solidité à l'ensemble. En Algérie, nous constatons l'absence de cet élément dans le coffrage traditionnel.</p> <p><b>Figure II.11:</b> les coins</p>

Il n'est pas rare de trouver que l'acier remplace le bois dans la fabrication des éléments de coffrage à savoir : Poteaux, clés et jougs, comme le montre la photo II.3, jugé comme étant plus résistant comparé au bois qui s'use plus rapidement. La photo à gauche illustre le montage ou l'assemblage de ces éléments.



**Photos II.3 :** Les éléments de coffrage en acier, Maatkas. (Source : Auteur).

La réalisation de murs porteurs en terre banchée nécessite en plus du coffrage l'utilisation d'outils à savoir :

- ✓ **La pelle et pioche :** elle sert à répartir la terre par petite couche dans les banches ;
- ✓ **Les paniers :** la terre est portée à la corbeille. Le panier est posé directement sur la nuque ;
- ✓ **Le fouloir :** pour damer la terre ;
- ✓ **Fil à plomb :** pour assurer de la verticalité de l'ouvrage ;
- ✓ **Truelle :** pour régler la terre foisonnée dans la banche.



**Photo II.4 :** Le fouloir, Maatkas (Source : Auteur)

Les outils précédemment décrits peuvent appartenir au constructeur, dans le cas contraire, il peut se les procurer chez les voisins qui viennent apporter de l'aide et participer à l'événement.

I.1.4.2. Techniques d'exécution de la maçonnerie

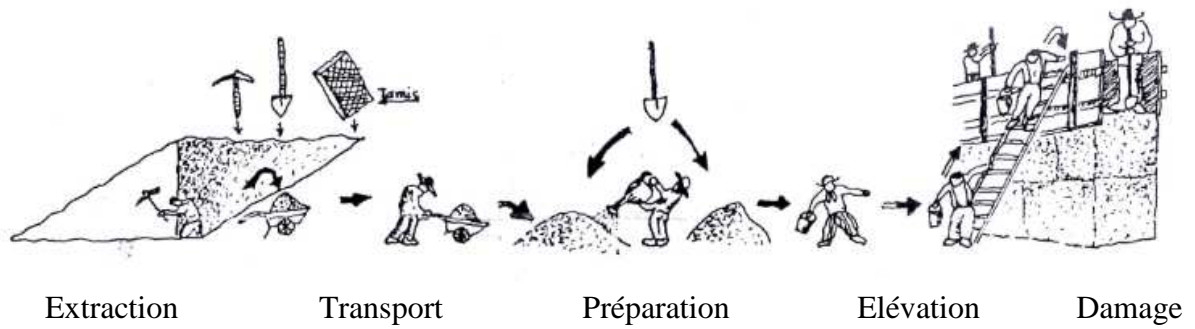


Figure II.12 : Le pisé, chantier traditionnel (source : Lloyd Kahn, 1973).

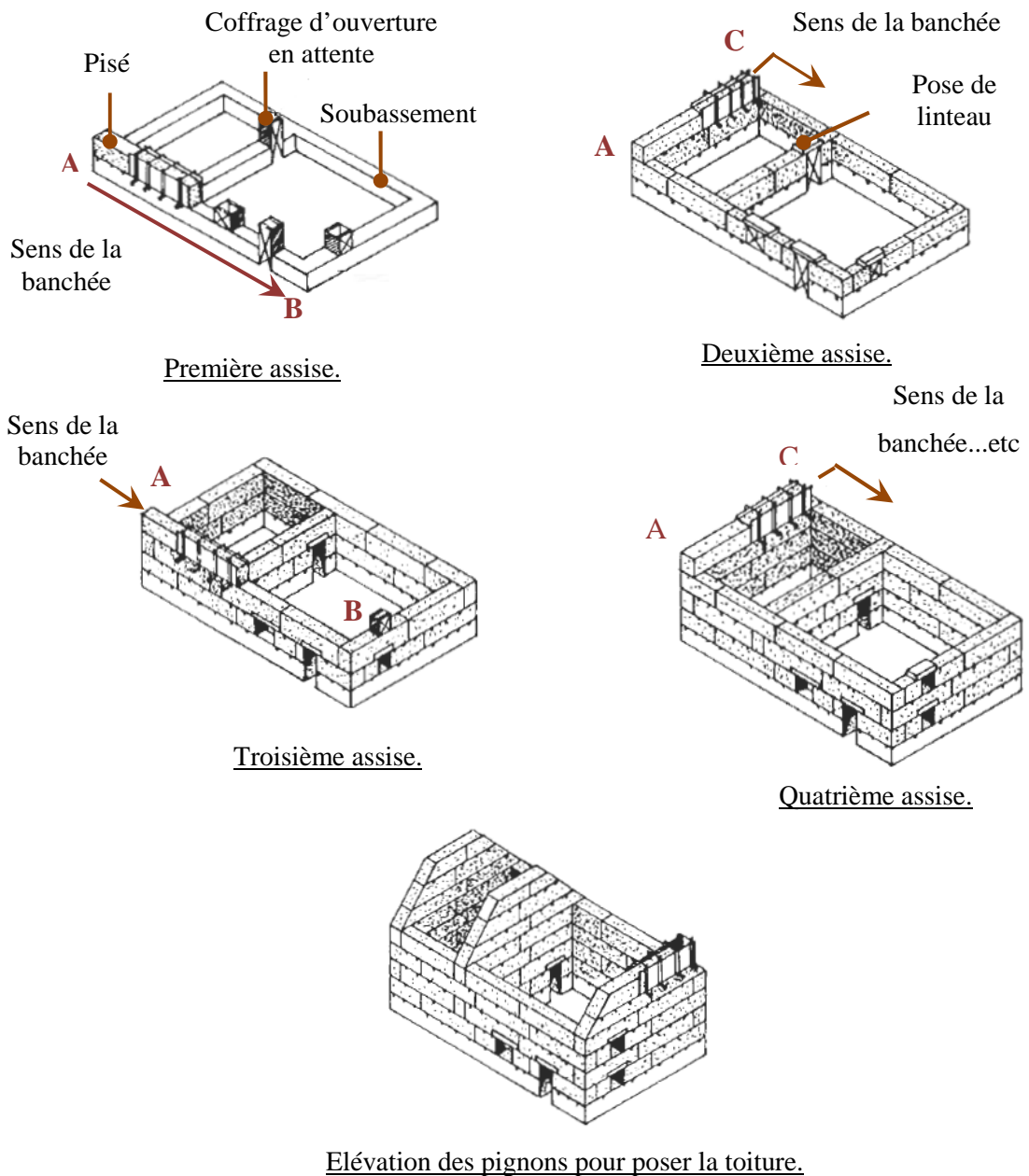


Figure II.13 : Phases de construction d'une maison en pisé (Source : CRATerre).

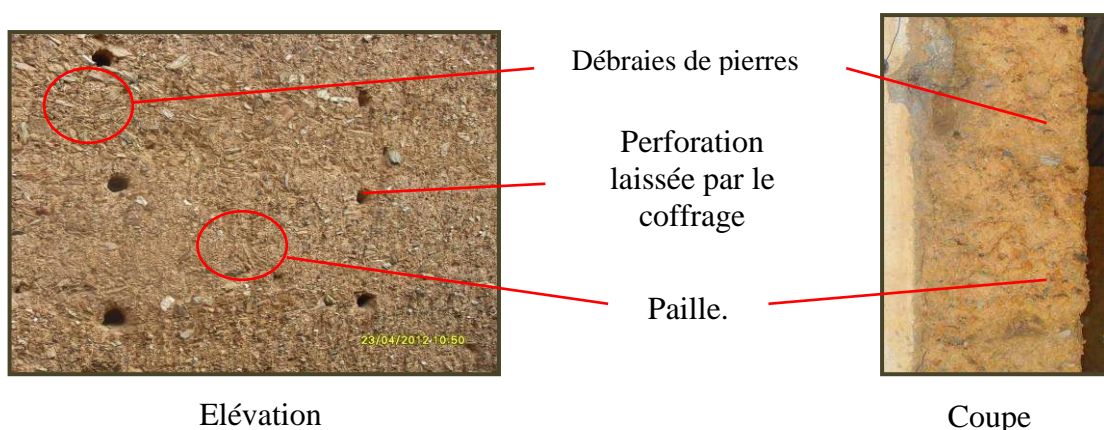
Avant de s'engager dans l'élévation des murs en pisé, il faut au préalable extraire la terre, la préparer en respectant les dosages recommandés, pour ensuite procéder au damage dans le coffrage<sup>80</sup>. La figure II.13<sup>81</sup> résume les étapes d'exécution d'une maçonnerie en pisé. Celles-ci ne diffèrent pas de celles exécutées en Algérie. Une fois le soubassement élevé, on installe le coffrage en commençant par un angle de la construction et en prenant soin de tracer les tranches destinées à recevoir les clés et de mettre en place le coffrage des ouvertures. Quand la terre est préparée, on commence à étendre une première couche de terre dans la banche, en vérifiant chaque fois la verticalité de cette dernière, puis la comprimer avec un fouloir, on recommence l'opération jusqu'à ce que le moule soit bien plein, et on continue de cette façon en faisant le tour de la construction. Une fois la première assise terminée on attaque la deuxième dans le sens inverse. On termine par soulever les murs pignons pour pouvoir poser la toiture.

### I.1.5. Types de murs

Les murs en pisé sont porteurs et épais, leur épaisseur varie de 50 à 90 cm. La hauteur des constructions est, couramment, d'un à deux niveaux, autrement dit de 3 à 9 mètres. Il existe trois variantes d'édifications.

#### I.1.5.1. Mur en terre banchée

La terre est mélangée à des débris de briques, de tuiles, parfois à de la paille hachées, des galets et de la chaux. L'aspect final est un mur monolithique, avec une texture rugueuse perforée, laissées par le coffrage au moment de l'édification du mur (photo II.5).



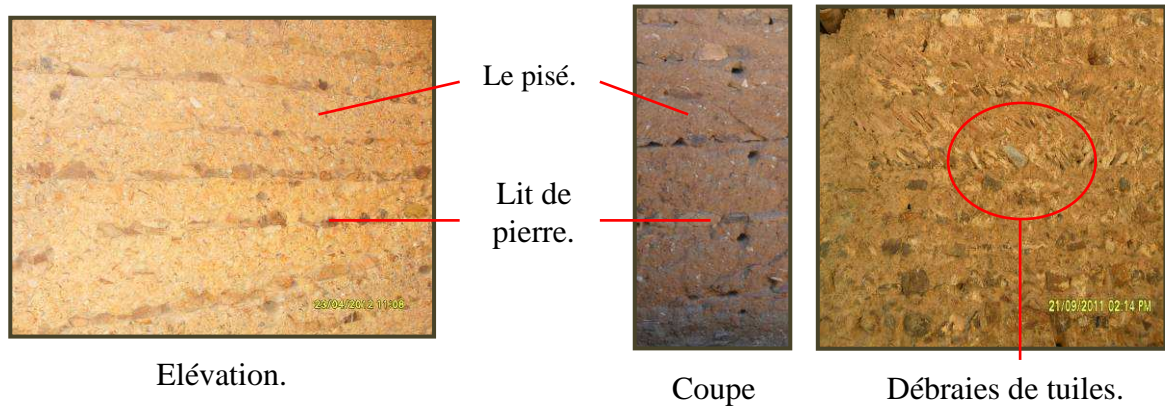
**Photo II.5 :** Mur en terre banchée, Maatkas (Source : Auteur).

<sup>80</sup> Kahn L Y. Habitat : constructions traditionnelles et marginales. Edition Alternative et Parallèle. Californie, 1973.

<sup>81</sup> Doat P, Hays A, Houben H, Matuk S, Vitoux F (CRATerre). Ope. Cite. p. 19.

### I.1.5.2. Mur en pisé alterné de lit de pierre

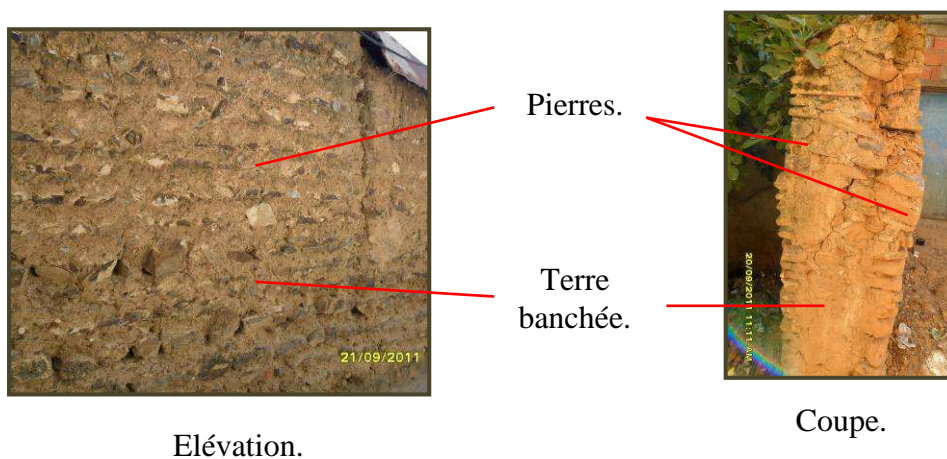
L'aspect final du mur est une succession de lit de cailloux et de terre, alternés à intervalle égale. Il existe des cas où le lit de cailloux est remplacé par des débris de tuiles posés obliquement (par soucis d'esthétique).



**Photo II.6 :** Mur en pisé alterné de lit de cailloux, Beni Yenni (Source : Auteur).

### I.1.5.3. Mur en terre banchée à double parements de pierre

Le mur est constitué de deux parements de pierres, entre lesquels est coulé le mélange de terre, de galets, de pierres ou de débris de tuiles. Par fois, la pierre des deux parements est remplacée par de la brique. L'aspect extérieur ressemble au mur de la première variante.



**Photo II.7 :** Troisième variante : mur en terre banchée à double parements de pierre, Beni Yenni (Source : Auteur).

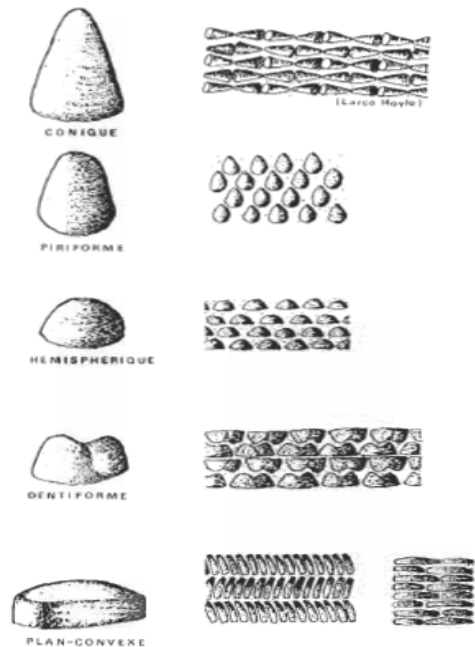
## I.2. Murs en brique de terre crue (Adobe ou Thoub)

Tout comme pour le pisé, avant de présenter les variantes des murs en brique de terre crue, nous allons d’abord, définir la technique et les étapes de fabrication des briques de terre crue, ainsi que le choix et les propriétés de la terre adaptée pour cette typologie constructive.

La technique de l’adobe consiste à mouler des briques avec de la terre puis les sécher au soleil<sup>82</sup>. Le mélange de terre, d’eau et des foies de paille est moulé manuellement dans un cadre en bois avant d’être séché au soleil. Le bois utilisé est humidifié pour faciliter le démoulage et la déshydratation prématurée de la terre. Ce terme vient de l’arabe « Thob » qui signifie « brique »<sup>83</sup>.

Le terme « ADOBE » vient de l’égyptien « Thobe » signifiant brique qui a donné naissance au mot arabe « OTTOB » devenu « ADOBE » en espagnole, et « TOUB » en français. On le connaît aussi sous le nom de « brique de terre crue » et « banco »<sup>84</sup>. Ce qui différencie les constructions de type appareillé avec la technique du pisé, c’est la possibilité de fabriquer et de stocker l’ensemble des matériaux nécessaires à la construction avant d’engager les travaux<sup>85</sup>.

Quand on parle d’adobe ou de brique de terre, on l’imagine généralement de forme parallélépipédique, alors qu’en réalité, les briques se trouvent sous de multiples formes : cylindrique, conique, trapézoïdale...). La première brique était façonnée à la main et avait la forme de boule. D’après CRATerre, « *les premières briques de terre, qu’on a essayé de former furent probablement des masses d’argiles grossièrement façonnées, séchées à l’air libre et durcies par l’action du soleil* ».



**Figure II.14 :** Différentes formes de briques autre que parallélépipédiques. (Source : CRATerre)



**Photo II.8 :** Une fabrique des briques de terre au Nigeria (Source : CRATerre).

<sup>82</sup> Belinga nko’o C. Etudes prospective pour le développement d’un habitat de qualité en adobe à Koudougou, Burkina Faso. Mémoire du DSA- architecture de terre. Grenoble, 2006. p. 51.

<sup>83</sup> Baloul N. Ope. Cite. p. 95.

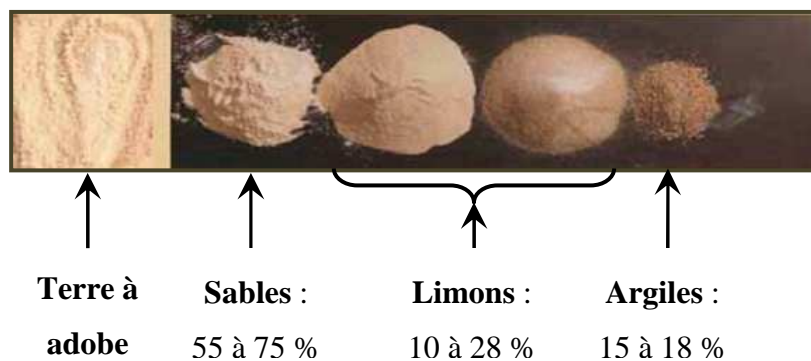
<sup>84</sup> Doat P, Hays A, Houben H, Matuk S, Vitoux F (CRATerre). Ope. Cite. p. 106.

<sup>85</sup> Adad MC. « Les leçons de l’architecture traditionnelle », in séminaire international « Espace saharien et développement durable ». Université Mohammed Kheider, Biskra. 2000. p. 356.

L'archéologue José Imbelloni (1979) nous propose l'évolution de la forme de la brique de terre crue, « *les briques auraient été d'abord coniques puis cylindro-coniques, en demi sphère, dentiformes et enfin en parallélépipède, c'est par nombreux tâtonnement que la forme de l'adobe évalua au cours des siècles* ». On rencontre au Pérou la forme conique, la pyramide de Moxèque qui s'élève à plus de huit niveaux au ciel fut construite avec ce type de brique<sup>86</sup>. On rencontre également la brique triangulaire à Tibelbala, en Algérie, façonnée à la main, elle est appelée « Budriwa », qui signifie bosse de chameau<sup>87</sup>. Depuis plus de 5000 ans, en Afrique occidentale, on a utilisé la terre en forme de poire dans la construction de l'habitat, elle est utilisée encore aujourd'hui au Togo, et au nord du Nigeria sous le nom de « Tubali »<sup>88</sup>.

### I.2.1. Brique de terre crue (choix de la terre)

De manière générale, les sols qui conviennent le mieux à la fabrication de la brique de terre crue sont ceux constitués de sable, de limons et d'argile. Selon CRATerre les proportions idéales sont portées sur la figure II.15.



**Figure II.15 :** Granulométrie d'une terre à Adobe.

Le non-respect des proportions peut engendrer<sup>89</sup> :

1. Pourcentage trop élevé d'argiles : une apparition de fissures lors du séchage et faible résistance à l'érosion ;
2. Pourcentage trop élevé de sable : une liaison très faibles entre les grains, les briques se désagrègent à cause de la faible cohésion de l'ensemble ;

<sup>86</sup> Dali A. Ope. Cite.

<sup>87</sup> Idem.

<sup>88</sup> Ibid.

<sup>89</sup> Doat P, Hays A, Houben H, Matuk S, Vitoux F (CRATerre). Ope. Cite. p. 111.

3. Pourcentage trop élevé de matière organique : les briques présentent une instabilité qui est causée par la décomposition de ces matières organiques, les briques deviennent poreuses.

Pour tester la convenance de la terre, on procède avec un test qui consiste à rouler avec la paume de la main un boudin de terre plastique (il ne doit pas coller à la main) d'une longueur de 20 cm et un diamètre de 3 cm environ, puis le faire aplatis avec précaution entre les doigts pour obtenir un ruban le plus long possible, dont on mesure au moment de sa rupture (figure II.16). Si la terre se rompt entre 5 à 15 cm, elle convient pour l'adobe, si elle se rompt avant 5cm, il faut ajouter de l'argile si elle se rompt après 15 cm, il faut ajouter du sable.

Rouler un cigare de terre 20 cm de longueur, 3cm de diamètre.



Faire le ruban le plus long possible.

- S'il se rompt :

Entre 5 et 15 cm : Bonne terre.

Avant 5 cm : trop de sable.




Après 15 cm : trop d'argile.



**Figure II.16 :** Test de cigare : tester l'aptitude de la terre à la fabrication de brique de terre. (Source : Oficina Nacional de desarrollo comunal, Pérou, 1983).

### I.2.1.1. Pourcentage d'eau dans le mélange de la terre

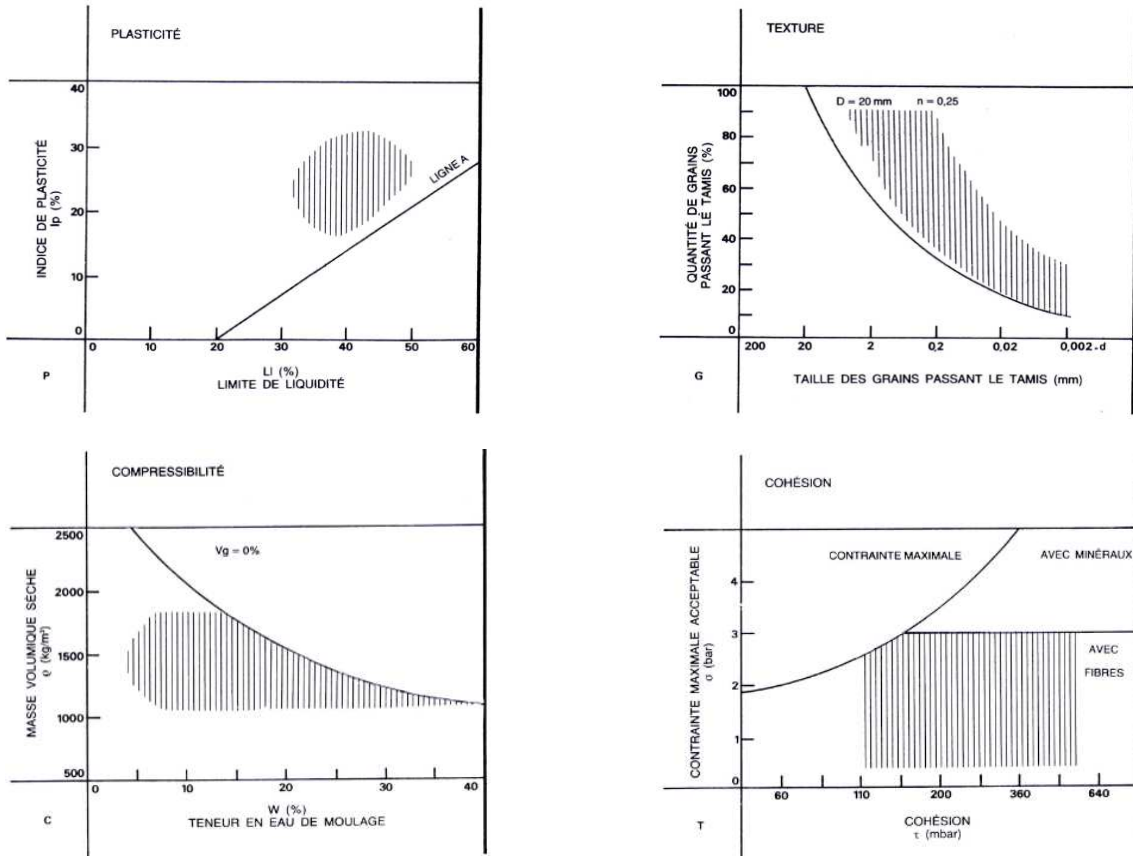
On forme une boule de terre qu'on prend dans la paume de la main et on la secoue<sup>90</sup> :

 <p>Quantité d'eau suffisante</p>	 <p>Quantité d'eau élevée</p>	 <p>Quantité insuffisante</p>
<p>La quantité d'eau est considérée suffisante si la boule se déforme légèrement sans s'aplatir.</p>	<p>Si la boule se déforme et s'aplatie : la quantité d'eau est très élevée.</p>	<p>Si la boule garde sa forme et ne subie aucune déformation : la quantité d'eau est insuffisante.</p>

<sup>90</sup> Montada-Algérie. Construction en terre à la vallée du M'Zab : guide technique de réhabilitation. Publication de l'Office de Protection et de Promotion de la Vallée du M'Zab (OPVM), 2011. p. 12.

### I.2.2. Les propriétés fondamentales de la terre à adobe

Concernant les propriétés de la terre pour l'adobe, on s'est référé aux travaux de CRATerre pour connaître les limites recommandées conformes à la mise en œuvre des briques de terre crue. Toutefois, ces limites dans les diagrammes sont approximatives. Des terres hors zones recommandées peuvent donner des résultats acceptables en pratique.



**Figure II.17:** Diagrammes des limites recommandées pour la mise en œuvre de l'adobe. (Source : CRATerre)

### I.2.3. Processus de fabrication du bloc de terre crue traditionnel

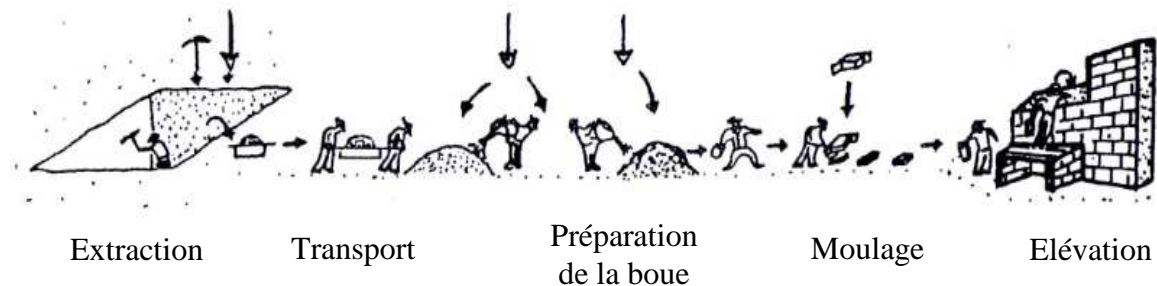
La fabrication de l'adobe est l'opération la plus importante de tout le processus de la construction traditionnelle en brique de terre crue, la durabilité et la solidité de la structure en dépendent<sup>91</sup>. Ce processus regroupe plusieurs phases de fabrication qui sont enchainées, chaque phase nécessite un travail minutieux et certaines règles à respecter<sup>92</sup>.

#### I.2.3.1. Opération d'extraction

<sup>91</sup> Adad MC. Ope. Cite. p. 364.

<sup>92</sup> Idem. p. 365.

Le sol utilisé pour la fabrication de l'adobe est argilo-sableux, pris sous la couche de terre arable. L'extraction, à la pioche et à la pelle, s'effectue à proximité immédiate du chantier, pour un besoin économique.



**Figure II.19** : Chantier traditionnel. (Source : Adad. MC).

### I.2.3.2. Opération de tamisage

Une fois la terre extraite, toute pierre surfacique ou couche végétale étaient éliminées. L'opération de tamisage s'effectue, en utilisant des mailles d'un diamètre de 6 à 12 mm<sup>93</sup>. Ceci dit, il existe des cas où la terre n'est pas tamisée et utilisée à l'état naturel.

### I.2.3.3. Préparation de la terre

#### I.2.3.3.1. Phase de gâchage

Avant l'opération de gâchage et pour obtenir un mélange homogène, on procède au mélange de la terre à l'état sec. Ensuite la terre est gâchée avec beaucoup d'eau, dans l'objectif de saturer les particules argileuses, afin d'obtenir, ce qu'on appelle dans le sud du pays « khamra », le « pourrissage »<sup>94</sup>. Après, on laisse la terre se reposer pendant 12 à 24 heures, ceci améliore la qualité des briques et diminue le retrait lors du séchage au soleil.

#### I.2.3.3.2. Opération de stabilisation

Pour améliorer les caractéristiques de la terre, le mélange est remué, en ajoutant davantage d'eau et de paille, dont la proportion varie de 10 à 20 kg pour 1m<sup>3</sup> de terre<sup>95</sup>. Toutefois, les adobes peuvent n'être stabilisés qu'avec le sable et le gravier fin contenus dans la terre elle-même. Le tout est encore une fois malaxé et pétri avec les pieds jusqu'à l'obtention d'une pâte homogène (l'état hydrique recherché est une pâte mi-molle, à la limite de la boue). Le succès de la stabilisation est tributaire d'un bon malaxage.

<sup>93</sup> Doat P, Hays A, Houben H, Matuk S, Vitoux F (CRATerre). Ope. Cite. p. 112.

<sup>94</sup> Adad MC. Ope. Cite. p. 365.

<sup>95</sup> Doat P, Hays A, Houben H, Matuk S, Vitoux F (CRATerre). Ope. Cite. p. 112.

### I.2.3.4. Le moulage

Avant d'entamer l'opération de moulage, on procède à la préparation de l'air de fabrication et de séchage. Le sol doit être propre et nivelé pour garantir un dimensionnement constant des briques, et étaler une fine couche de sable fin, de cendre ou de sciure de bois, pour éviter l'adhérence à la surface de pose.

### I.2.3.5. Fabrication de la brique de terre crue

Les moules les plus utilisés sont en bois, dont la surface interne est lisse pour faciliter le démoulage, le nettoyage et donner un bel aspect à la brique. Le moule est de forme carré ou rectangulaire de dimensions allant de (30x50x10) à (40x20x15) cm. Généralement, le moule est muni d'un rebord qui sert de poignée pour pouvoir le saisir et le soulever facilement.

L'opération de moulage s'effectue manuellement, l'ouvrier prend une boule de pâte, la façonne à la main et la plaque dans le moule (2), après avoir égalisé la surface en éliminant l'excès de la terre mouillée(3), il procède au démoulage(4), en soulevant suite à un mouvement sec et vertical le moule, la brique est ainsi fabriquée. Après chaque opération, il est conseillé de bien laver le moule pour garder toujours la surface interne lisse(1). Les briques demeurent ainsi sur place pour séchage pendant au moins trois jours, puis retournées sur la deuxième face pour accélérer le phénomène. Afin d'obtenir un séchage uniforme et éviter les fissurations, il faut laisser les briques à l'ombre les 2 ou 3 premiers jours. La durée de séchage dépend de la saison et une aire de stockage, propre et nivelée est prévue.



**Photo II.9 :** Fabrication de la brique de terre crue. (Source : Montada-Algérie)

### I.2.3.6. Recommandation nécessaire pour la fabrication des briques de terre crue

Vu les propriétés qui caractérisent la terre en général et la matière argileuse en particulier, la fabrication des briques nécessite un certain nombre de précautions, afin de les protéger des agressions climatiques<sup>96</sup>.

<sup>96</sup> Montada-Algérie. Ope. Cite. p. 114. Téléchargé en Juin 2012.

1. **Les eaux de pluies :** Par temps de pluies pour éviter qu'elles fondent, les briques de terre sont protégées et recouvertes. Dans le cas d'un temps saturé d'humidité, le séchage est retardé, par conséquent les briques sont de qualité médiocre (figure II.19).

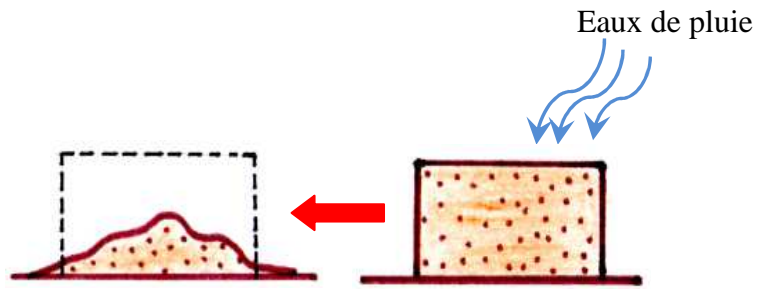


Figure II.19 : Influence de la pluie.

2. **Le froid extrême :** Le froid extrême constitue une contrainte pour la fabrication des briques de terre crue, il retarde le séchage et fragilise les briques. En cas de gel, il est recommandé d'interrompre totalement la fabrication.

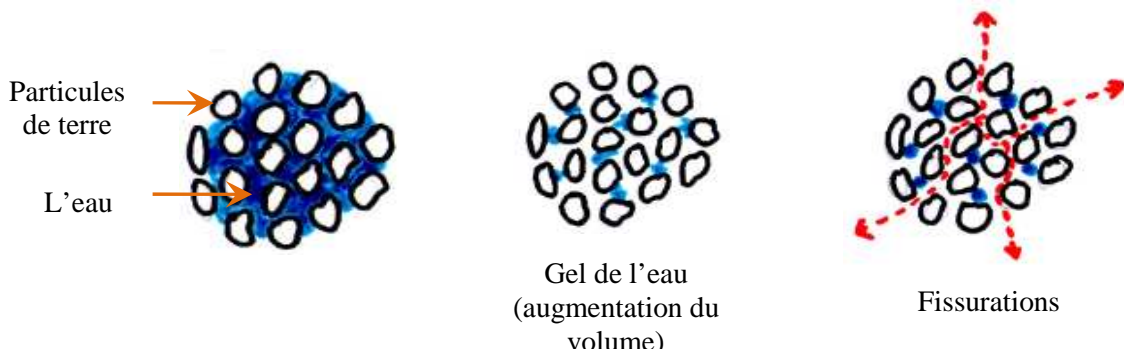


Figure II.20 : influence du gel (basses températures).

3. **Les hautes températures :** elles sont à l'origine des fissurations à cause du retrait dû à l'évaporation accélérée de l'eau. Afin d'y remédier, il est recommandé d'éviter la fabrication des briques en temps chaud, il est conseillé de les couvrir avec du sable fin ou les mettre carrément à l'ombre les premiers jours après la fabrication (figure II.21). Plus la brique est épaisse, plus le risque de retrait et de fissuration est élevé, ceci est dû à la variation thermique entre la surface de la brique et son centre (figure II.22).

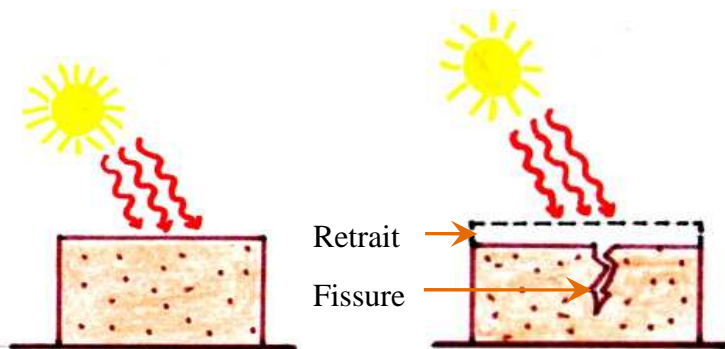


Figure II.21 : Influence des hautes températures.

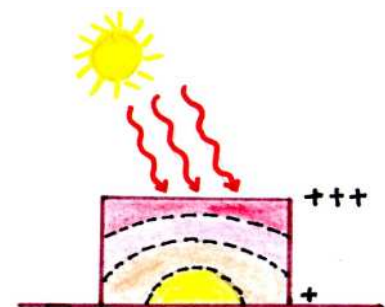
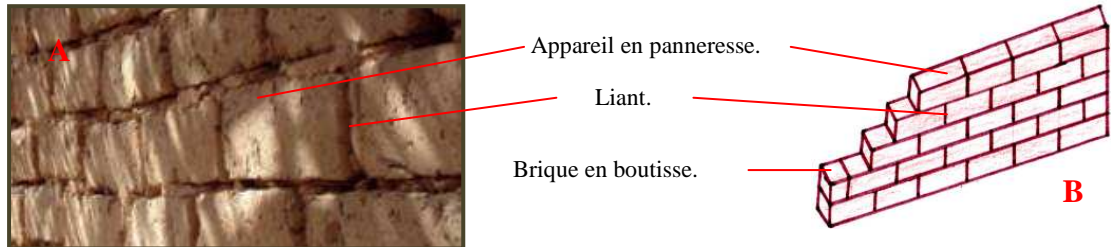


Figure II.22 : Variation thermique entre la surface et le centre de la brique.

### I.2.4. Les divers types de murs

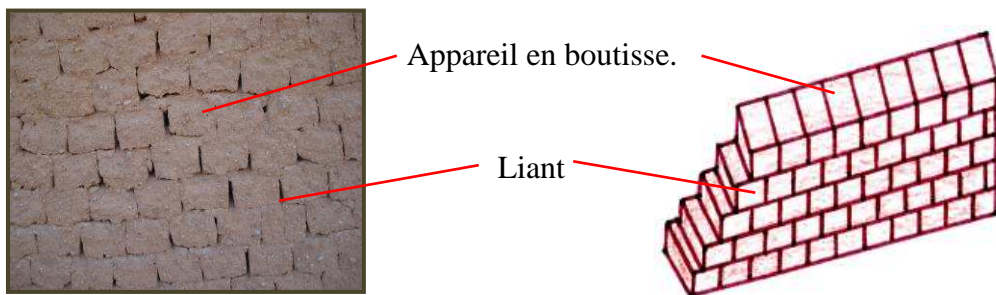
Les murs d'adobes, moyennement de 30 à 50 cm d'épaisseur, sont porteurs, le principe d'édification consiste à poser des briques cote à cote, en variant leurs dispositions d'une rangée à une autre.

**Première variante :** Utilisé en général pour les murs de refond d'épaisseur de 15 cm, avec des briques de dimensions (20x15x40).



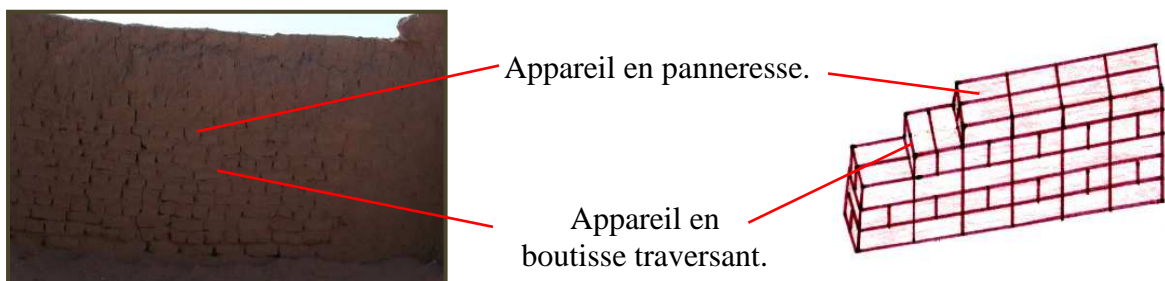
**Figure II.23 :** Première variante de mur en brique de terre crue

**Deuxième variante :** épaisseur du mur est de 40 cm. (voir figure ci-dessous).



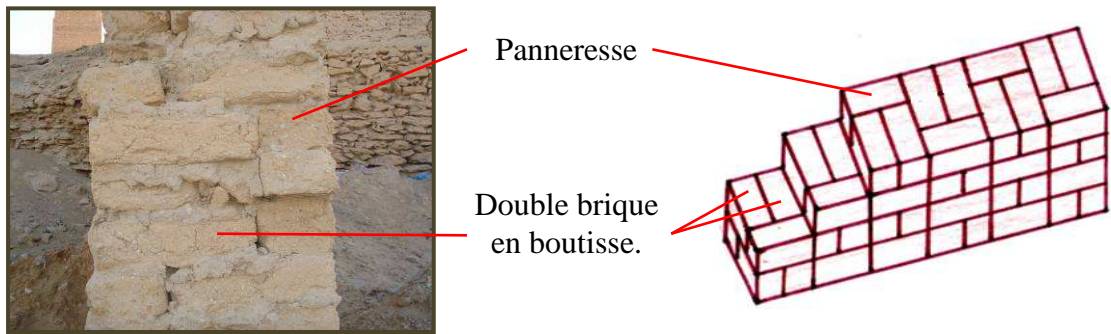
**Figure II.24 :** Deuxième variante de mur en brique de terre crue, Tamarna Lekdima (Source : Auteur).

**Troisième variante :** épaisseur du mur est de 40 cm, le principe de réalisation consiste à alterner la disposition des briques : un lit en boutisse et le suivant en panneresse, tel qu'il est expliqué dans la figure ci-dessous.



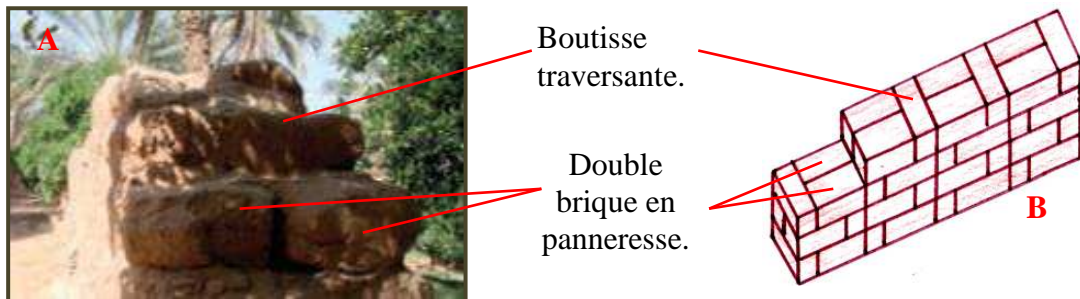
**Figure II.25 :** Troisième variante du mur en brique de terre crue, Tamarna Lekdima (Source : Auteur).

**Quatrième variante :** épaisseur du mur est de 60 cm. (figure ci-dessous).



**Figure II.26** : Quatrième variante de mur en brique de terre crue, Témacine (Source : Auteur).

**Cinquième variante** : mur de 40cm d'épaisseur, réalisé avec les briques de (40x20x15) cm. (figure ci-dessous).



**Figure II.27** : Cinquième variante de mur en brique de terre crue. (Source : A : Montada-Algérie, B : Auteur).

## II. Les fondations

Avant de monter les murs de terre, il est important d'élever des fondations à la hauteur d'un soubassement pour la maison. Le rôle de ce dernier est déterminant pour la construction, il protège l'habitat du sol et des rejets de l'eau de pluie et doit être suffisamment haut pour protéger le mur de terre des remontées capillaires.



**Photos II.10** : Mur de terre posé sur un soubassement de pierre. (A : Ksar Témacine, B : Maatkas). (Source : Auteur).

Qu'il s'agisse d'une construction en pisé ou en brique de terre crue, le maçon creuse les fossés des fondations de largeur uniforme égale à celle des murs à maçonner, la profondeur varie de 0,5 à 1,1 m. Enfin, il comble les fondations avec de grosses pierres liées entre elles par un mortier d'argile<sup>97</sup>. Cependant, il existe des cas où les fondations en pierre sont inexistantes, où elles ne dépassent pas le niveau du sol (photo II.11).



**Photo II.11 :** Mur de terre posé directement sur le sol (A : El-Oued, B : Beni-Yenni).  
(Source : Auteur).

D'après les enquêtes effectuées, ils existent trois types de fondations (tableau II.2).

Premier cas.	Deuxième cas.	Troisième cas.
<p>Entre 30 et 40 De 50 à 70</p>	<p>Assises de pierres disposées au fond de la tranchée.</p>	<p>Soubassement de pierre Mortier de terre ou de Timchent</p>
<p>les fondations en adobes, peu profondes, ne dépassant pas 40 cm, leur largeur varie entre 50 et 70 cm, ceci lorsqu'on est sur un sol rocheux.</p>	<p>les fondations avec quelques assises de pierres sèches disposées au fond de la tranchée, des fois maçonnées avec un mortier de terre.</p>	<p>la fondation est prolongée en élévation hors sol, formant alors un soubassement qui peut atteindre 1m de hauteur.</p>

**Tableau II.2 :** Différents types de fondations.

<sup>97</sup> Corpus-Levant. Architecture Traditionnelle Méditerranéenne : mur de briques de terre crue en Algérie. p. 2, téléchargé en Septembre 2011 [http://www.meda-corpus.net/frn/portails/PDF/F2/A07\\_ALG.PDF](http://www.meda-corpus.net/frn/portails/PDF/F2/A07_ALG.PDF).

### III. Les planchers

Il existe, dans l'architecture traditionnelle en terre crue, une variété de typologies de planchers, ces dernières varient selon la portée et la nature des matériaux localement disponibles. D'une manière générale, ils sont principalement en structure bois, constitués d'une double ossature composée de poutres formées par des troncs de bois brut, perpendiculaire aux murs les plus long 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. Seront exposés, dans ce qui suit, les diverses typologies de planchers des constructions en terre rencontrés lors de nos investigations sur le terrain.

#### III.1. Planchers des constructions en pisé

##### III.1.1. Plancher traditionnel

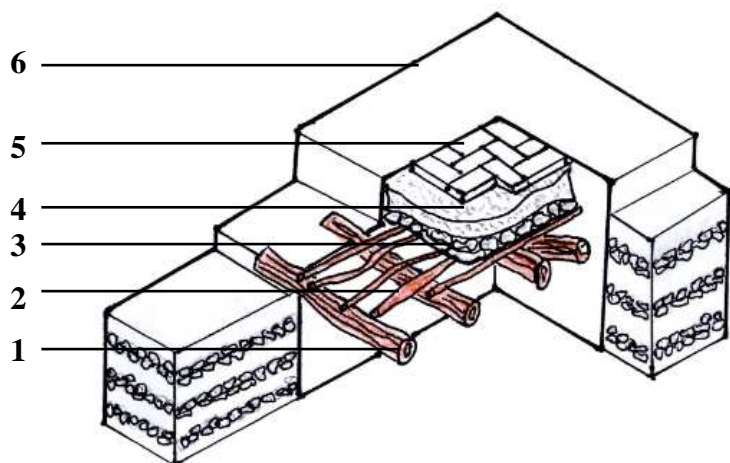
Il est composé de troncs en bois d'olivier, de forme irrégulière, disposés à un intervalle régulier. Vient ensuite, un branchage d'olivier de section et de forme irrégulière, celui-ci constitue le support de la couche de dalles de pierre. Le revêtement du plancher est constitué d'une couche de terre compactée et enfin d'une couche de finition, traditionnellement réalisées en carreaux de brique cuite.



**Photo II.12 :** Plancher traditionnel, Beni Yenni. (Source : Auteur).

#### Légende :

- 1 – Tronc d'olivier.
- 2 – Branchage.
- 3 – Pierres.
- 4 – Terre compactée.
- 5 – Briques cuites.
- 6 – Mur en pisé.



**Figure II.28 :** Plancher traditionnel. (Source : Casanovas X).

### III.1.2. Plancher à rondins en bois naturel

Dans ce type de plancher, les poutres en bois naturel d'olivier sont remplacées par des rondins en bois de cèdre. Les branchages sont remplacés par des lambourdes permettant de créer un support de sol continu, complété par une couche de terre compactée. Cette dernière est recouverte soit par une chape de ciment ou de carreaux de terre cuite.



Photo II.13 : Plancher à rondins de bois naturel, Beni Yenni (Source Auteur).

#### Légende :

- 1 – Enduit de terre.
- 2 – Rondin.
- 3 – Planches.
- 4 – Mortier de terre et de chaux.
- 5 – Briques cuites.
- 6 – Mur en pisé.

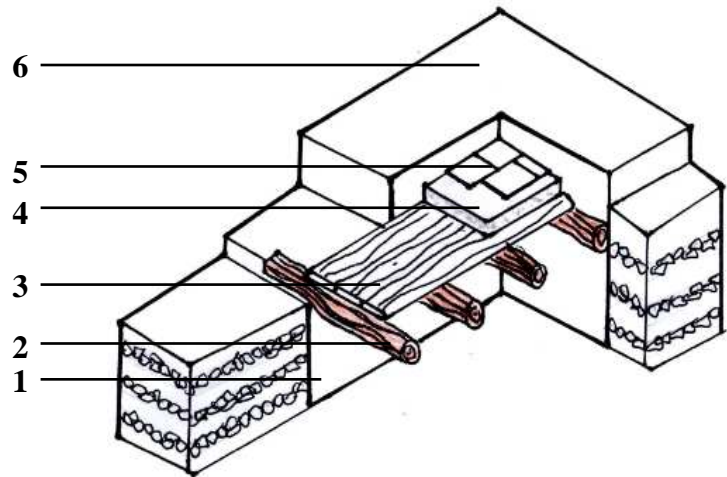


Figure II.29 : Plancher à rondins de bois naturel. (Source : Casanovas X).

### III.1.3. Plancher à solive de bois usiné

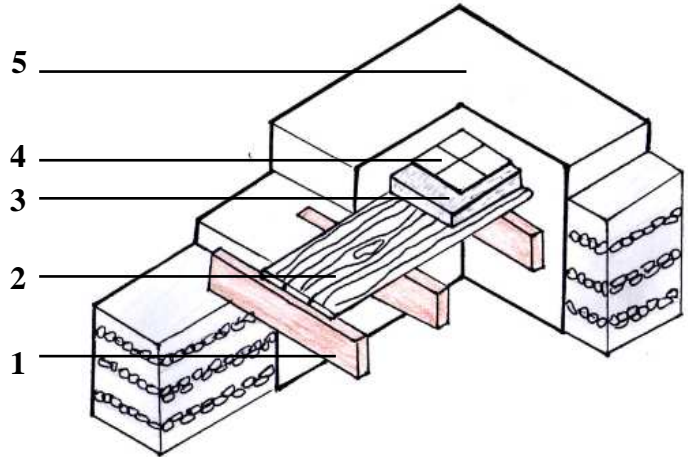
La présence française a impliqué l'utilisation de poutres de section rectangulaire remplaçant les poutres en bois brut d'olivier et de cèdre. Les lambourdes sont posées perpendiculairement aux poutres, le revêtement de la surface du plancher est réalisé avec une couche de mortier de terre, de chaux ou de ciment, sur laquelle sont disposés les carreaux de terre cuite.



Photo II.14 : Plancher à solive usiné, Beni Yenni (Source : Auteur).

**Légende :**

- 1 – Solive de bois usiné.
- 2 – Planches.
- 3 – Mortier de terre.
- 4 – Briques cuites.
- 5 – Mur en pisé.



**Figure II.30 :** Plancher à solive de bois usiné. Source : Casanovas X).

**III.2. Planchers des constructions en brique de terre crue**

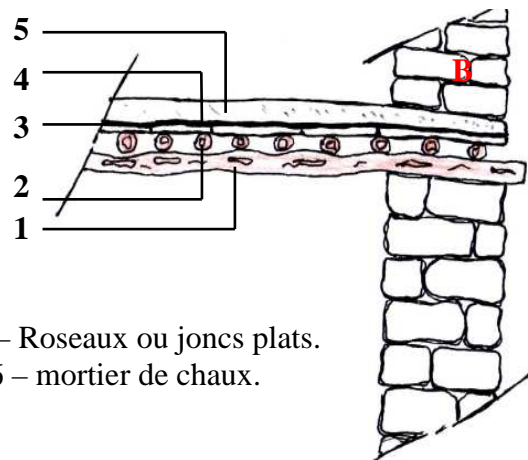
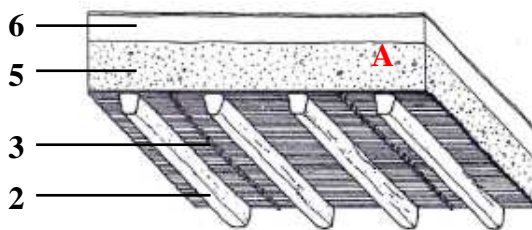
Le bois utilisé pour la structure porteuse de ces types de planchers provient essentiellement du palmier, toutes ses parties sont utilisées, divers types de planchers existent :

**III.2.1. Plancher traditionnel**

Il est constitué de poutres de stipe de palmier, sur lesquelles reposent des solives en bois. En dessus, sont posés des joncs de palmiers ou de roseaux recouverts d'une couche de terre. La photo ci-contre illustre un type de plancher traditionnel, prise à Ksar Tadjrouna à Laghouat (Algérie).



**Photo II.15 :** Plancher Traditionnel (Source : Cliché de Takhi B)



**Légende :**

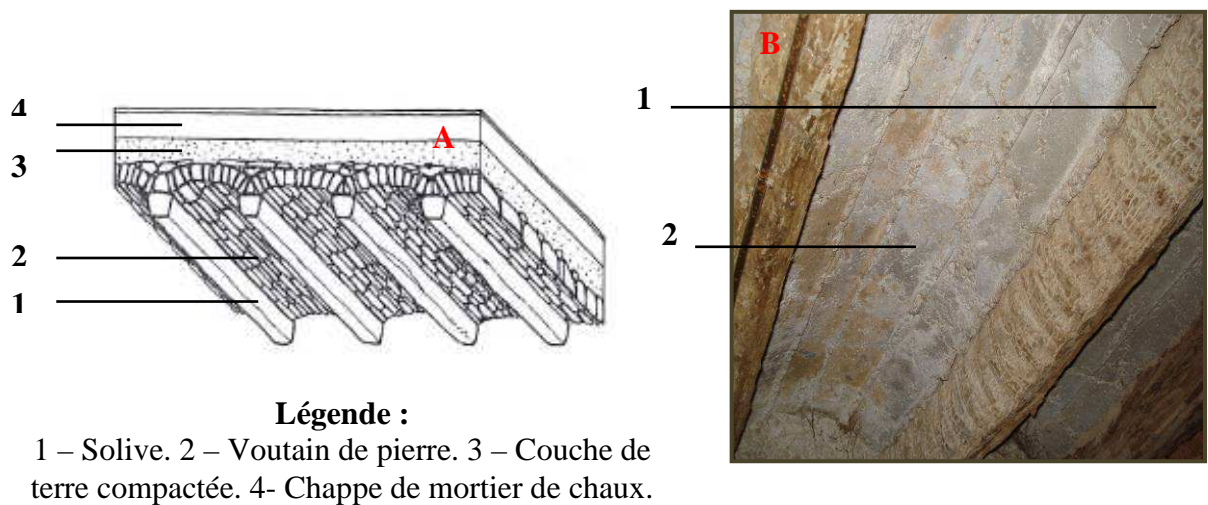
- 1 – Poutre en bois de palmier.
- 2 – Solives.
- 3 – Roseaux ou joncs plats.
- 4 – Film plastique.
- 5 – couche de terre.
- 6 – mortier de chaux.

**Figure II.31 :** Plancher traditionnel avec lattis de nervures de palme. (Source : A : Donnadiou P, 1995. B : Benmessaoued 2006).

Le principe constructif est le même que le précédent, mais esthétiquement, celui-ci, est plus élaboré. Il est constitué de doubles solives en bois, sur lesquelles vient se poser un branchage de roseaux en torsades. Cette forme permet également de bien maintenir le branchage au-dessus ce qui requiert une solidité à l'ensemble du plancher.

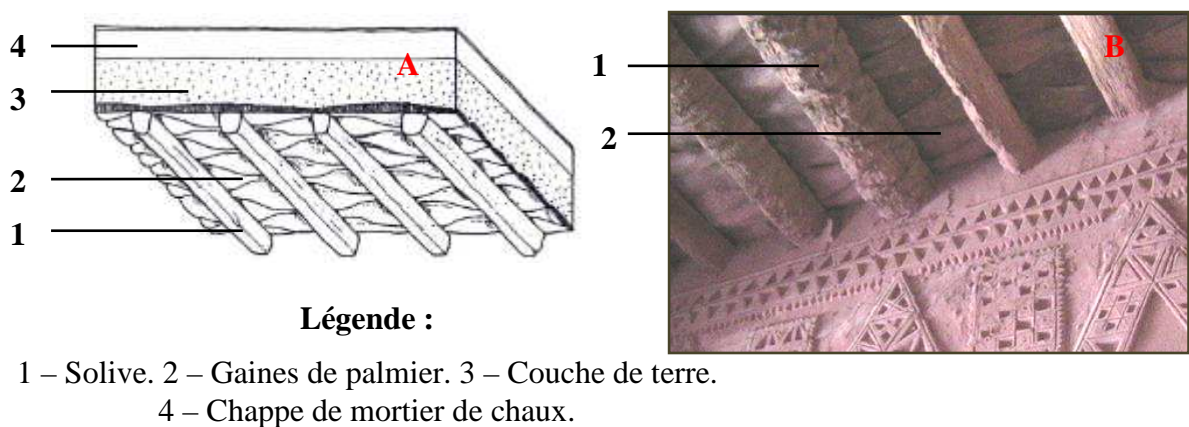
### III.2.2. Plancher à voutains de pierres

Ce qui diffère ce type de plancher du précédent est la technique de construction. Elle consiste à réaliser des voutains de pierres entre les solives en bois ce qui donne un effet plus esthétique et le plafond apparaît plus haut (figure II.32). Ce système nous l'avons observé plus précisément à Ghardaïa, utilisé en général dans les passages couverts entre les maisons.



**Figure II.32 :** Plancher avec des voutains de pierres, Ksar Ghardaia (Source : A : Donnadiou P, B : Auteur).

### III.2.3. Plancher avec des gaines de palmier



**Figure II.33 :** Plancher avec des gaines de palmiers. (Source : A : Donnadiou P, B : Baloul N)

### III.3. Relations planchers-murs

Les poutres des planchers prennent appuis sur les murs où les appuis sont traités de manière à assurer l'assise de la poutre. Ces appuis sont caractérisés par la longueur de pénétration de la poutre dans l'épaisseur du mur<sup>98</sup>. La poutre est soit, engagée à mi-mur, soit, pénètre la totalité de l'épaisseur du mur. Trois cas de figures existent :

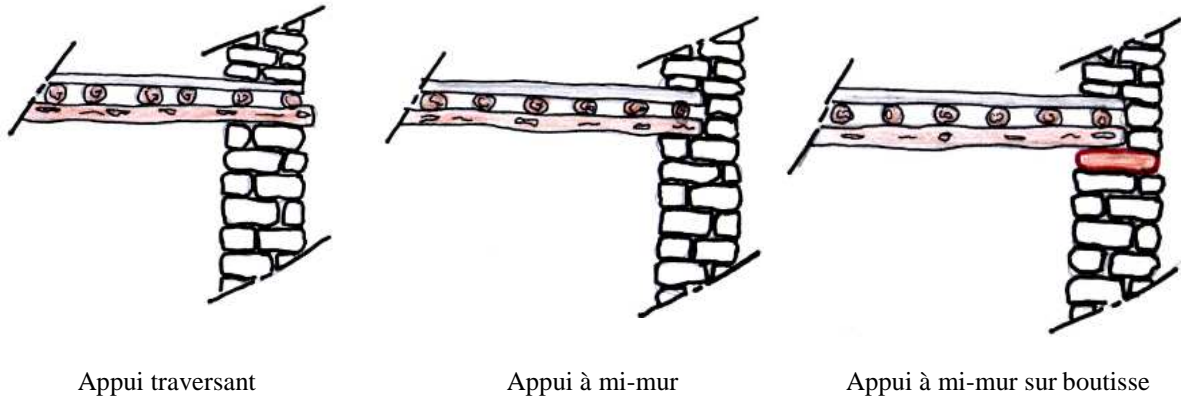


Figure II.34 : Appuis des planchers. (Source : Coignet.J).

### IV. Les piliers et contreforts

L'utilisation des piliers et contreforts est fréquente dans les maisons traditionnelles en terre, spécialement, dans le cas du système appareillé (brique de terre crue), afin de contrer les tensions de tractions et de cisaillements auxquelles ces constructions sont peu résistante<sup>99</sup>.

*Contrefort* : ouvrage en saillie sur un mur (adossé au mur), sert à contenir les effets d'une charge, d'une poussée horizontale et/ou verticale ou la charge d'une toiture<sup>100</sup>.

*Piliers* : ouvrages de maçonneries en forme de grosse colonne ronde, carré ou de base plus large que le sommet. Ils peuvent être placés soit au milieu d'une pièce, ou adossé au mur ou dans certains cas sont engagés dans l'épaisseur des murs. Servent à soutenir un édifice ou une partie d'un édifice, facilite la descente de charge et servent également d'appuis pour les arcades et les voûtes<sup>101</sup>. Ils sont constitués soit de briques de terre crue, soit de moellons, liés au sable argileux ou parfois au mortier.

<sup>98</sup> Coignet J. Réhabilitation : arts de bâtir traditionnel connaissance et techniques, Aix-en-provence. Edition EDISUD, 1987. p. 40.

<sup>99</sup> In CD, Architecture traditionnelle méditerranéenne, projet Meda. Espace Algérie, typologies architecturales, arts de bâtir, briques de terre crue. France, 2002. p. 6. Téléchargé en Juin 2011.

<sup>100</sup> Glossaire de l'architecture, Wikipédia. [http://fr.wikipedia.org/wiki/Glossaire\\_de\\_l%27architecture](http://fr.wikipedia.org/wiki/Glossaire_de_l%27architecture).

<sup>101</sup> Donnadiou P. Habiter le désert : les maisons mozabites. Collection Architecture+Recherche, éditions Pierre Mardaga, 2001. p. 92.

Nous les avons observés lors de notre sortie sur terrain à El-Oued, Ksar Témacine, et Ksar Tamarna Kdima, où toutes les constructions sont en brique de terre crue. Car ces éléments sont absents dans les constructions en terre banchée.



**Photo II.16 :** Piliers, Ksar Tamarna. (Source : Auteur).



**Photo II.17 :** Piliers servant de support pour l'arcature de l'étage, Ksar Témacine. (Source : Auteur).



**Photo II.18 :** Contreforts, El-Oued. (Source : Auteur).

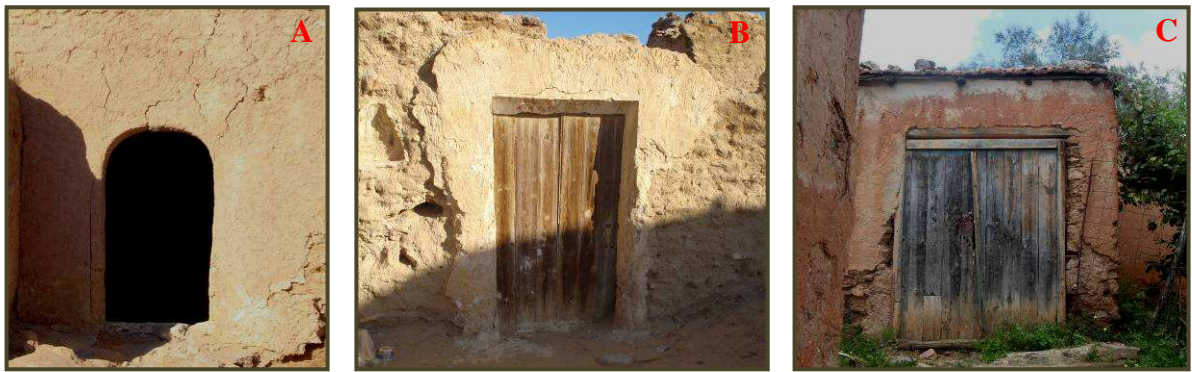
## V. Les ouvertures

Dans les maisons traditionnelles, la masse bâtie prédomine sur le vide. Ainsi, les ouvertures sont de dimension réduite, cela permet de limiter les transmissions thermiques et d'éviter l'affaiblissement de la maçonnerie que provoquerait un percement important. Les ouvertures sont de forme rectangulaire, souvent étroite et allongées<sup>102</sup>. L'analyse des types d'ouvertures, nous a permis d'observer deux techniques constructives : l'utilisation d'un linteau en tronc d'arbre brut, ou équarri ou bien de l'arc, le plus souvent en plein cintre ou surbaissé.

### V.1. Les portes

Le cas le plus fréquent pour la réalisation des portes, consiste à interrompre la maçonnerie au niveau du percement, sans traitement spécifique du tableau, et couvrir ce dernier par un linteau fait d'un rondin de bois, reposant sur toute l'épaisseur du mur. Toutefois, certaines portes sont à tableau décoré. Le seuil est également marqué par un branchage sur lequel vient buter la porte. Les portes sont réalisées avec des planches de bois disposées verticalement et assemblées par des montants traversant, à ouvrant simple ou double. Leur dimension varie de 70-80 cm de largeur et 170-180 cm de hauteur. Le châssis, s'il existe, est généralement en bois, si non l'ouvrant de la porte est directement fixé sur le mur par le biais d'une charnière métallique.

<sup>102</sup> Casanovas X. Manuel pour la réhabilitation de la ville de Dellys. Euromed Heritage <http://www.euromedheritage.net>. Montada, 2012. p.108. Téléchargé en Juin 2012.



**Photos II.19 :** Les portes d'entrée. A : Ksar Tamarna Lakdima, B : Ksar Témacine, C : Maatkas  
(Source : Auteur)

## V.2. Les fenêtres

Réalisées selon le même principe que les portes, de dimension réduite et de forme carré ou rectangulaire. Le franchissement est réalisé le plus souvent avec un linteau en bois et les jambages ne font pas objet d'un traitement spécifique.



**Photos II.20 :** Fenêtres et linteaux. A : Maatkas, B : Ksar Témacine, C : Ksar Ghardaia (Source : Auteur).

## VI. Les couvertures

Nous distinguons deux types de couvertures, à doubles pentes dans les constructions en terre banchée et plates (terrasses) dans les constructions en brique de terre crue.

### VI.1. Couvertures à double pente

#### VI.1.1. Couverture à ossature simple composée d'une charpente en bois brut

Réalisée en tuiles posées sur le mortier de pose de terre compactée, lui-même supporter par une ossature simple, constituée de chevrons et d'une charpente en bois brut. Ce système structurel est supporté par les murs



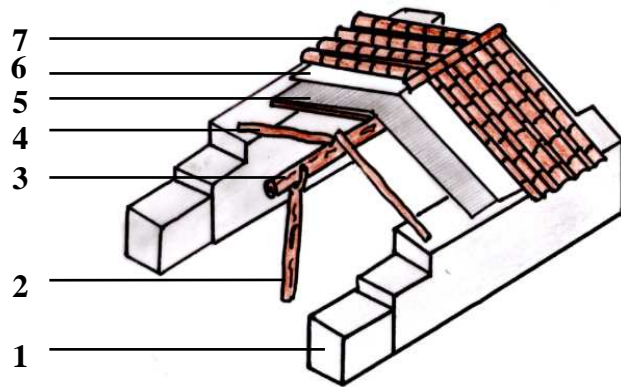
**Photo II.21 :** Couverture traditionnel à double pente, Beni-Yenni. (Source : Auteur).

qui définissent l'espace habité. La charpente est principalement composée de chevrons en bois brut, disposés selon un entre axe de 45 à 50 cm et supportés par la panne faîtière et les murs.

La panne faîtière est située sur l'axe médian de la maison, en bois brut et de section quasi circulaire. Son rôle structurel est de redistribuer les charges sur les murs et prend appui sur les murs pignons et des poutres en bois brut.

**Légende :**

- 1 – Mur en terre banchée.
- 2 – Appui.
- 3 – Poutre faîtière.
- 4 – Chevron.
- 5 – Canne.
- 6 – Mortier de pose.
- 7 – Tuile.



**Figure II.35 :** Couverture à ossature simple composée d'une charpente en bois brut. (Source : Casanovas X).

**VI.1.2. Couverture à ossature simple composé de fermes en bois**

La panne faîtière est soutenue par une ferme en bois équarri de section rectangulaire. Cette dernière est composée de deux arbalétriers assemblés sur l'axe central avec le poinçon dans la partie inférieure. Le poinçon est l'élément vertical supportant la panne faîtière et reposant sur l'entrait, lui-même disposé transversalement aux pentes du toit<sup>103</sup>.

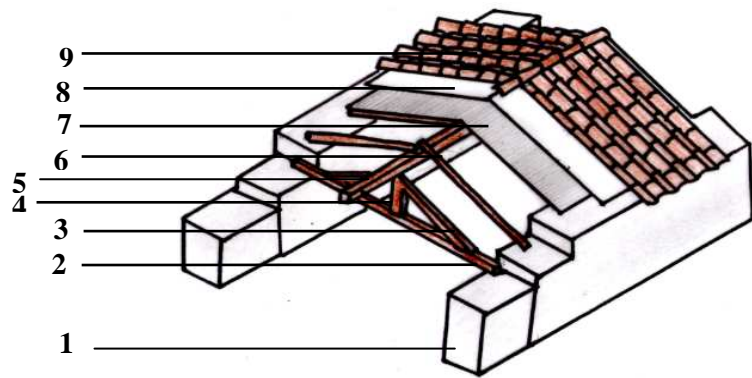


**Photo II.22 :** Ferme en bois, Maatkas. (Source : Auteur)

<sup>103</sup> Casanovas X. Ope. Cite. p. 118.

**Légende :**

- 1 – Mur en terre banchée.
- 2 – Entrait.
- 3 – Arbalétrier.
- 4 – Poinçon.
- 5 – Panne faîtière.
- 6 – chevron.
- 7 – Planche.
- 8 – Mortier de pose.



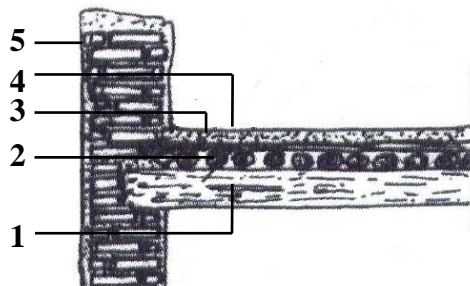
**Figure II.36 :** Couverture à ossature simple composée de fermes en bois.  
(Source : Casanovas X).

**VI.2. Couvertures terrasses**

Réalisées selon le même principe que les planchers des maisons en brique de terre crue. Comme elles sont exposées à l'air, au soleil et à la pluie, celles-ci sont protégées par une chape de mortier de chaux et enfin badigeonnées au lait de chaux<sup>104</sup>.

**Légende :**

- 1 – Tronc de palmier.
- 2 – Lit de branchage.
- 3 – Couche d'argile.
- 4 – Chape de lait de chaux.
- 5 – Acrotère.



**Figure II.37 :** Couverture terrasse. (Source : Laouar.D, 2007).

**VII. Les escaliers**

Le rôle que jouent les escaliers, qu'ils soient intérieurs ou extérieurs, dans la maison traditionnelle est fondamentale. On peut distinguer deux techniques constructives : Escalier sur mur d'échiffre, escalier à structure voutée.

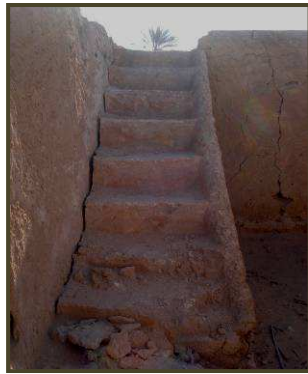
**VII.1. Escalier sur mur d'échiffre**

La technique consiste à réaliser un mur d'échiffre en pierre ou en brique de terre crue, effectuer ensuite un remplissage sur lequel les marches prennent place<sup>105</sup>. Une autre technique consiste à réaliser une paillasse en bois, au dessus de laquelle sont façonnées les marches<sup>106</sup>.

<sup>104</sup> Laouar D. Les transformations spatio-formelles de l'habitat traditionnel vers un type auto-construit non planifié : cas du vieux Biskra. Mémoire de magistère, université Mohamed Khider, Biskra, 2008. p 86.

<sup>105</sup> Casanovas X. Ope. Cite. p. 138.

<sup>106</sup> Ait kadi S. Performances thermiques du matériau terre par un habitat durable des régions arides et semi-arides : cas de Timimoune. Mémoire de magister. UMMTO, 2012. p. 73.



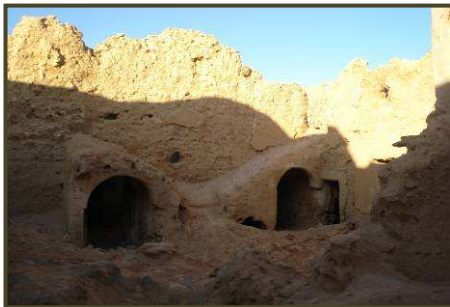
**Photo II.23** : Escalier droit avec mur d'échiffre, ksar Témacine. (Source : auteur)



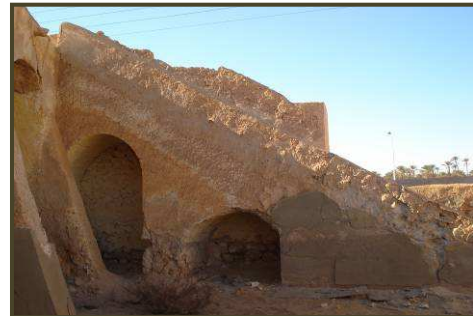
**Photo II.24** : Escalier sur paillasse en bois. (Source : Ait Kadi.S, 2012)

## VII.2. Escalier à structure voûtée

La structure voûtée est également utilisée pour la réalisation d'escalier, la volée est soutenue par une voûte généralement en berceau.



**Photo II.25** : Escalier à structure voûtée à deux arrivées, Tamarna Lekdima. (Source : Auteur).



**Photo II.26** : Escalier droit à structure voûtée, Ksar Témacine. (Source : Auteur).

## VII.3. Escalier interne

L'escalier est installé à l'intérieur de la maison, adossé aux murs extérieurs, il peut être réalisé selon les techniques identiques à celles précitées. Une échelle en bois peut substituer à l'escalier comme le montre la photo II.28.



**Photo II.27** : Escalier intérieur en pierre, Beni Yenni (Source : Auteur).



**Photo II.28** : L'échelle remplace l'escalier, Beni Yenni (Source : Auteur).

## VIII. Les enduits

### VIII.1. Les enduits de chaux

Le mortier de chaux est le matériau le plus adéquat pour le traitement de surfaces intérieures et extérieures. Il a l'avantage d'être perméable à la vapeur, les micropores des mortiers de chaux permettent à la vapeur d'eau de passer. Il a aussi un effet régulateur sur l'humidité, mais également une bonne adhérence aux différents supports<sup>107</sup>.



**Photo II.29 :** Liant à base de chaux, El-Oued (Source : Auteur).

### VIII.2. Badigeons de chaux

Terme pour désigner le mélange d'eau, de chaux, de pigments. On peut classer les badigeons de chaux selon leur consistance : le chaulage et le badigeon. Le chaulage est un mélange de chaux et d'eau dans un rapport d'environ 1/1, souvent obtenu avec de la chaux fraîchement éteinte<sup>108</sup>. Il sert à couvrir les murs extérieurs et intérieurs. Le badigeon est un mélange de chaux et d'eau à raison d'un volume de chaux pour 3 à 5 d'eau<sup>109</sup>, appelé également lait de chaux. Il sert à couvrir les murs et boucher les pores.



**Photo II.30 :** Maison en pisé enduite à la chaux, Beni Yenni (Source : Auteur)

### VIII.3. Le plâtre traditionnel (Timchent)

Généralement utilisé dans la région du M'Zab, l'enduit de plâtre, quand à lui, est obtenu en mélangeant deux volumes de liant pour un volume d'agrégat<sup>110</sup>. Il est appliqué soit au moyen d'un balai, d'un bâton et des mains, soit avec un régime de dattes dépouillé de ses fruits. Il sert à faire les joints entre les briques et les pierres.



**Photo II.31 :** Plancher relié au mortier de Timchent, Ksar Ghardaia (Source : Auteur)

<sup>107</sup> Coignet J. Ope. Cite. p. 113.

<sup>108</sup> Office de Protection et de Promotion de la Vallée du M'Zab (OPVM). Ope. Cite. p. 18.

<sup>109</sup> Ibid. p. 18.

<sup>110</sup> Office de Protection et de Promotion de la Vallée du M'Zab (OPVM). Matériaux de construction traditionnels : Authenticité et durabilité. Site : [www.opvmg.org](http://www.opvmg.org) . Ghardaïa, Algérie.

#### VIII.4. L'enduit de terre

Principalement composé d'argile, de sable, parfois additionné de fibres végétales, l'enduit de terre est souvent composé de la même terre que celle qui constitue le mur. « Thoumlilt » est, d'ailleurs, l'une des variétés d'enduit de terre utilisé, plus précisément en Kabylie<sup>111</sup>. Suite à des propos recueillis sur terrain, exactement au village d'Ichaouadhien à Maatkas, où cette pratique est utilisée jusqu'à nos jours, la photo II.32, représente le lieu d'extraction de « Thoumlilt », elle peut être grise, bleue ou jaune. Elle est de nature grasse, elle constitue le gobetis de l'enduit (appliquée en première couche) pour remplir les vides et empêcher la pénétration des eaux de pluies. Le corps de l'enduit (deuxième couche) est à base de chaux et pour finir, on applique un mortier de terre. Traditionnellement, l'application se fait à l'aide d'une planche, d'une éponge, d'une truelle ou tout simplement à la main. La pose se réalise sur un mur préalablement nettoyé et humidifié. Le mur est enduit d'une à trois couches, selon la nature du support, ou tout simplement, laissé à l'état brut (sans enduit).

L'enduit de terre a des propriétés mécaniques très spécifiques. Il absorbe l'humidité, ou au contraire, évapore son humidité interne en fonction de l'équilibre hygrométrique.

La photo II.34 illustre une variante de finition d'enduit de terre spécifique à la région de Timimoune (Algérie), consiste à couvrir la surface du mur avec des boules de terre projetées directement sur ce dernier.



**Photo II.32 :** Thoumlilt, Maatkas (Source : Auteur).



**Photo II.33 :** Maison sans enduit, Maatkas (Source : Auteur).



**Photo II.34 :** Traitement de surface, Timimoun.

<sup>111</sup> Propos recueilli sur terrain, auprès des habitants du village Maatkas, en Kabylie.

### VIII.5. L'enduit de ciment

Avec l'introduction du ciment portland dans la construction, l'enduit de ciment à vite pris la place de la chaux dans les constructions traditionnelles, et ce, pour sa rapidité de prise et sa résistance élevée<sup>112</sup>. Ceci dit, les mortiers de ciment sont en général durs et cassants, leur manque de porosité a des effets néfastes sur la protection des murs<sup>113</sup>.

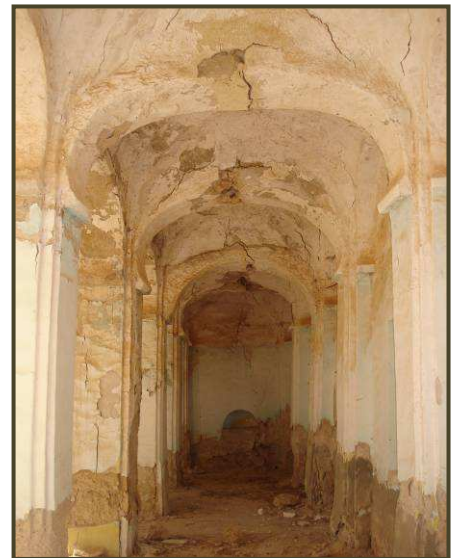


**Photo II.35 :** Maison en terre enduite au ciment, Maatkas (Source : Auteur).

### IX. Arcs, voûtes et coupoles

Les arcs sont réalisés soit en moellons ou en brique de terre. Les types d'arcatures usuels sont : arcs en plein cintre, outrepassés ou lancéolés. Réalisés suivant deux techniques : soit par des étais qui définissent l'arc, soit par un coffrage perdu.

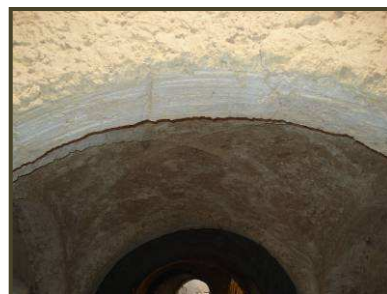
Concernant la voûte, la typologie technique la plus courante est la voûte en berceau, avec la variante plus élaborée qui est la voûte d'arête. Le berceau est généralement plein cintre, c'est la configuration la plus adaptée car elle transmet mieux les charges verticales aux murs. Ceci dit, il existe également des profils en arc surbaissé ou en anse de panier. Les coupoles sont des couvertures dont le profil est généralement surbaissé, adoptés pour couvrir un espace de plan carré.



**Photo II.36 :** Passage voûté avec berceau surbaissé, Témacine. (Source : Auteur).



**Photo II.37 :** Arc plein cintre, Tamarna Kedima. (Source : Auteur).



**Photo II.38 :** Voûte en berceau, Témacine. (Source : Auteur).



**Photo II.39 :** Couverture en coupole surbaissée, Témacine. (Source : Auteur).

<sup>112</sup> Baloul N. Ope. Cite. p. 117.

<sup>113</sup> Ibid. p. 119.

### **Conclusion**

*Les typologies structurelles des constructions en terre crue en Algérie sont riches et diversifiées. Cette diversité elles la doivent, d'une part, aux multiples techniques de mise en œuvre et d'une autre part, aux différents matériaux utilisés. Dans ce chapitre, nous nous sommes intéressés spécialement à la construction en terre banchée et la brique de terre crue.*

*L'essentiel à retenir est que la structure, qu'elle soit celle des maisons en pisé ou en thoub, se présente en murs porteurs. Ces derniers sont entièrement réalisés en terre crue, ils sont soit monolithiques alternés de lits de pierres pour le pisé, ou appareillés dans le cas du thoub. A chacune de ces techniques, un coffrage et une façon de mise en œuvre qui leurs sont spécifiques.*

*Pour ce qui est des éléments horizontaux (les planchers) et les couvertures sont, dans la plus part des cas, construits avec des troncs de bois brut (palmier, olivier, cèdre...), s'appuyant directement sur les murs. Le système constructif est fondé sur le principe de masse. Le transfert des charges se fait par compression, le système est conçu pour que les différents éléments s'appuient les uns par rapport aux autres.*

*Quant aux enduits, bien qu'ils ne constituent pas un élément porteur, ils sont un revêtement épidermique des maçonneries en terre crue, à la fois protecteur et décoratif. Appliqués souvent en trois couches, ils peuvent être à base de chaux, d'argile ou de ciment. Ceci dit, il n'est pas rare de rencontrer des maçonneries laissées à l'état brut, dépourvues de revêtements.*

*Cependant, la conjugaison de nombreux facteurs tels que l'abandon, défaillance du système constructif, les intempéries, les interventions non réfléchis... ont un impact non négligeable sur la dégradation de ce bâti. C'est dans cette optique que nous allons concentrer nos efforts dans le chapitre suivant.*

## TROISIEME CHAPITRE

### PATHOLOGIES DES CONSTRUCTIONS EN TERRE

## Introduction

Toute intervention de réhabilitation doit nécessairement se baser sur l'élaboration d'un diagnostic précis des désordres constatés pour dégager les solutions les plus appropriées pour leur traitement. En effet, toute construction en terre est exposée aux aléas du temps des conditions climatiques. A ce sujet, et en reprenant les critères définies par CRA Terre, l'habitat en terre est sujet à une double pathologie. Celle appelée « pathologies humides » se rapportent à l'effet de l'humidité et des eaux de pluie, et celle dite « pathologies structurelles » concerne sa faible résistance aux efforts de compression, de traction et de flexion.

C'est à travers l'approfondissement et la détermination de la pathologie que la nature des travaux de réhabilitation peut être déterminée. C'est ce que nous nous efforcerons de développer dans ce chapitre.

## I. Les pathologies humides

Les désordres constatés sur les constructions en terre sont principalement liés à la présence d'eau dans le bâtiment<sup>114</sup>. En effet, la présence anormale d'humidité peut altérer la qualité des constructions, avoir une incidence sur la qualité des ambiances intérieurs, sur le confort thermique des habitants et sur la résistance structurelle du bâtiment<sup>115</sup>. Avant toute intervention, il convient d'abord, d'identifier les types d'humidité à combattre.

### I.1. Les différents types d'humidité

Nous distinguons quatre types d'humidité<sup>116</sup> :

#### I.1.1. Humidité ascensionnelle (les remontées capillaires)

Les murs de fondation d'une maison se trouvent très souvent en contact avec de l'eau :

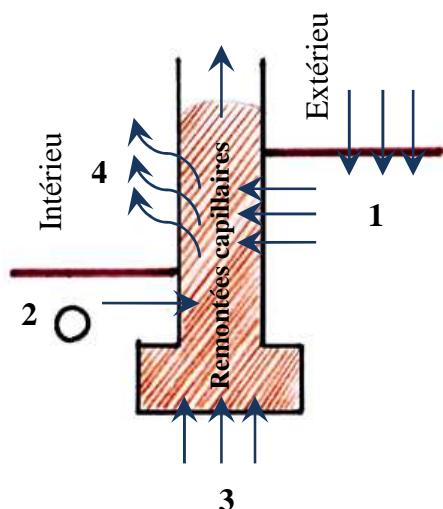
- Soit les murs sont fondés dans la nappe phréatique ;
- Soit sont fondés sur un terrain capillaire proche de la nappe phréatique.
- Soit sont fondés sur un terrain peu perméable ralentissant la vitesse d'infiltration favorisant le ruissellement des eaux de surface.

---

<sup>114</sup> Jeannet J, Pignal B, Scarato P. Le bâti ancien : analyse, pathologie, remède. Pisé, terre d'avenir. Cahier technique n°2, 1996. p. 10.

<sup>115</sup> Berger J, Tasca-Guernouti S, Woloszyn M, Buhe C. L'humidité dans les bâtiments : pathologies et paramètres gouvernants. XXX<sup>e</sup> Rencontres AUGC/IBPSA (Association Universitaire de Génie Civil/ the International Building Performance Simulation Association). Chambéry, 2012. p. 2.

<sup>116</sup> Agence Nationale pour l'Amélioration de l'Habitat, Collombet R. L'humidité des bâtiments anciens : causes et effets, diagnostic et remèdes. Editions Moniteur. Paris, 1989. p. 31.



- 1 : infiltration latérale des eaux de pluie.  
 2 : fuite de canalisation.  
 3 : remontées capillaires.  
 4 : évaporation de l'eau contenue dans le mur.

**Figure III.1:** Humidité ascensionnelle : remontées capillaires. (Source : Coignet J).

L'humidité pénètre dans le mur et remonte à l'intérieur de celui-ci par l'effet de capillarité. Plusieurs cas de figures peuvent accentuer ce phénomène, à savoir<sup>117</sup> :

- Si un terrain avoisinant le mur est recouvert d'une barrière étanche, l'eau contenue dans le sol ne pourra pas s'évaporer et le phénomène de remontée capillaire sera accentué ;
- Les façades orientées au nord auront des traces d'humidité plus importantes ;
- Le fait de planter de la végétation devant un mur peut priver celui-ci d'ensoleillement et favoriser les remontées d'eau. En effet, une végétation trop proche, ou qui, colle à la façade empêche l'ouvrage de sécher ;
- Les infiltrations latérales des eaux de pluie et les fuites de canalisations sont aussi à l'origine de la présence d'eau dans le mur en terre.

La circulation capillaire se fait de bas en haut (photo III.1), du froid vers le chaud. Elle se manifeste dans les



**Photo III.1 :** Humidité par remontées capillaires, Maatkas (Source : Auteur).



**Photo III.2 :** Dégradation à la base du mur en pisé à cause des remontées capillaires, Maatkas (Source : Auteur).

<sup>117</sup>Agence Nationale pour l'Amélioration de l'Habitat, Collombet R. Ope. Cite. p. 33.

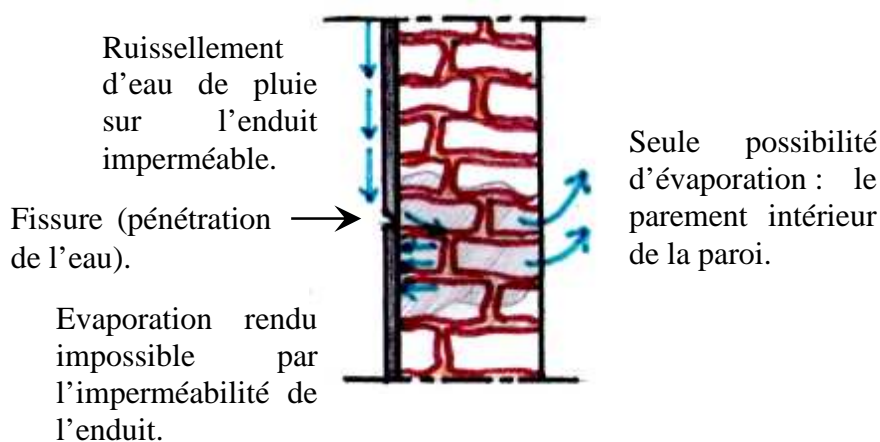
murs dont le pourcentage de porosité est élevé. La circulation capillaire se fait d'autant mieux que les pores des matériaux constitutifs du mur sont nombreux, minces et qu'ils communiquent entre eux<sup>118</sup>. L'humidité provenant du sol n'atteint pas uniquement les murs mais également les dallages qui se trouvent en contact avec le sol<sup>119</sup>.

### I.1.2. Les infiltrations d'eau de pluie

Les principales causes d'infiltrations d'eau de pluie sont :

- Les fissures qui permettent à l'eau de pénétrer dans la maçonnerie ;
- Les défauts de jointures entre les divers matériaux de la construction ;
- La dégradation du mortier des joints ;
- Vieillesse des enduits ;
- Les défauts d'étanchéité entre les différentes parties de menuiseries.

Ces infiltrations se produisent généralement sur les façades du bâtiment exposées à la pluie battante. La figure III.2 explique ce phénomène dans le cas où l'enduit est, à la fois, fissuré et imperméable (ne permet pas l'évaporation des eaux de pluie).



**Figure III.2 :** Infiltration d'eau par une fissure. (Source : Collombet R).

Les infiltrations par rejaillissement et les infiltrations dans les parois enterrées sont deux types de filtrations latérales, mettant en cause les infiltrations des eaux de pluie de manière indirecte<sup>120</sup>. L'eau qui rejaillisse crée des marques d'humidité à la base des murs similaires

<sup>118</sup> Coignet J. La maison ancienne : construction, diagnostic, interventions. Edition Eyrolles. Paris, 2006. p. 112.

<sup>119</sup> <http://objectif-habitat.com/video/le-traitement-des-murs-contre-les-remontees-capillaires-dhumidite/>

<sup>120</sup> Agence Nationale pour l'Amélioration de l'Habitat, Collombet R. Ope. Cite. p. 40.

aux phénomènes de capillarité (figure III.3). Même phénomène observé dans le cas d'un mur adossé à de la terre humide, qui subit des infiltrations latérales (voir plus haut la figure III.1). La différence est que, l'infiltration par rejaillissement de pluie entraîne dans la maçonnerie un taux d'humidité décroissant du parement extérieur vers le parement intérieur, alors que l'humidité ascensionnelle entraîne un taux d'humidité sensiblement égal dans toute l'épaisseur du mur.

### I.1.3. L'humidité de condensation

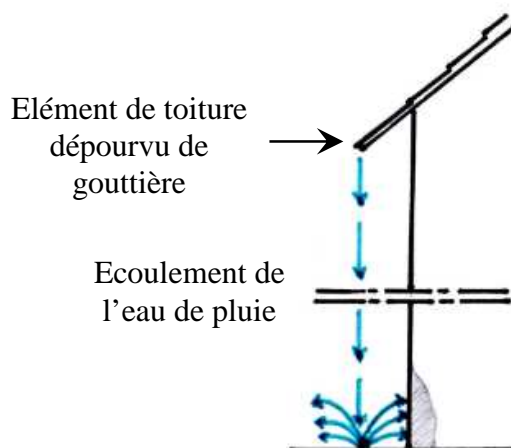
On nomme condensation le passage de l'état liquide de la vapeur d'eau contenu dans l'air<sup>121</sup>. Ce phénomène constitue l'une des sources d'humidification les plus courantes dans les bâtiments à usage d'habitation, où, la vapeur d'eau est produite soit par la respiration des habitants, la cuisson des aliments, ou par l'utilisation de la salle de bain. Deux types de condensation surviennent<sup>122</sup> :

#### I.1.3.1. Condensation superficielle

Dans les locaux soumis à une production de vapeur et non ventilés, l'air humide, au contact des parois internes, se condense sous forme de gouttelettes d'eau qui peuvent imprégner le mur (à travers des fissures) et alimenter une circulation capillaires.

#### I.1.3.2. Condensation interne

Le phénomène se produit à l'intérieur de l'épaisseur du mur. La vapeur d'eau migre à travers la paroi, de l'intérieur vers l'extérieur. Lorsque la vapeur franchi une zone dont la température correspond à son point de rosée, elle se condense dans la masse même de la paroi.



**Figure III.3 :** Rejaillissement de la pluie sur le soubassement de la maçonnerie. (Source : R. Collombet).

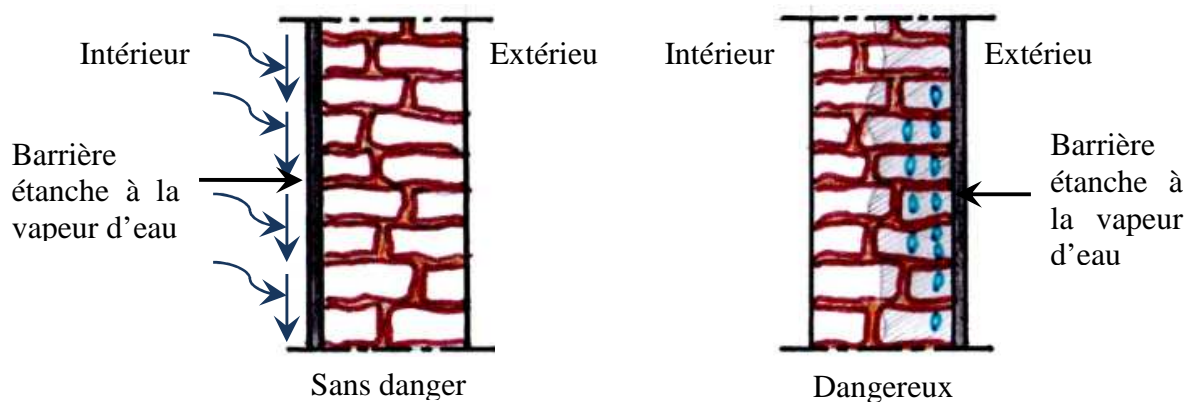


**Photo III.3 :** Dégradation due à la condensation superficielle, Beni Yenni (Source : Auteur).

<sup>121</sup> Coignet J. Ope. Cite. p. 116.

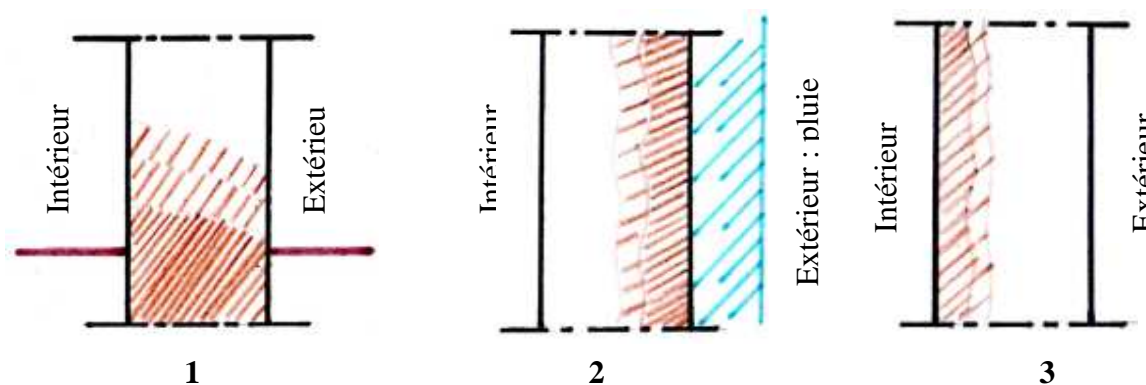
<sup>122</sup> Agence Nationale pour l'Amélioration de l'Habitat, Collombet R. Ope. Cite. p. 43.

La réalisation d'une barrière étanche à la vapeur d'eau sur le parement extérieur du mur, empêche la migration de celle-ci, et conduit à des condensations dans la masse de la maçonnerie (figure III.4) :



**Figure III.4** : Les conséquences de l'application d'un enduit étanche sur une paroi en maçonnerie. (Source : Collombet R).

La figure ci-dessous, récapitule les trois principales causes d'humidité, évoqués plus haut :



1. Humidité ascensionnelle.

2. Infiltrations directes.

3. Condensation.

Sur l'ensemble des murs porteurs et le soubassement du rez-de-chaussée, renforcée par l'épaisseur des murs et les matériaux capillaires.

Sur une façade exposée à la pluie battante, dont le mur est composé de matériaux capillaires et l'enduit dégradé.

Dans les locaux soumis à une production de vapeur et non ventilés.

**Figure III.5** : Origines de l'humidité : repérage schématique sur des murs vus en coupe. (Source : Coignet J).

### I.1.4. L'humidité d'origine accidentelle

Ce type d'humidité regroupe toutes les infiltrations d'eau accidentelles, généralement ponctuelles, dû à un défaut de réalisation ou à un manque d'entretien. Parmi ces causes, nous citons :

- Mauvais entretien des toitures en pente (problème d'étanchéité) ;
- Les toitures terrasses qui peuvent être fissurées ou dont l'étanchéité peut présenter des défauts, ou les évacuations d'eau ont été mal conçues ou mal mises en œuvre ;
- Fuite de gouttières bouchées, mal raccordées ou interrompues.



**Photo III.4 :** Dégradation du mur à cause d'une humidité accidentelle, ici, défaut dans la toiture, Maatkas (Source : Auteur).

Formes d'humidité	Zones concernés du bâtiment	Périodes préférentielles des manifestations	Signes particuliers des manifestations
(1) <b>Humidité ascensionnelle</b>	Soubassement des murs sur l'ensemble du périmètre du bâtiment	Toute l'année	Manifestations de hauteur uniforme sur tout le périmètre du bâtiment, légèrement plus importantes le long des façades à l'ombre et des murs les plus épais
(2) <b>Infiltrations des eaux de pluie</b>	Tout niveau du bâtiment, (façade exposée à la pluie battante)	Manifestations liées dans le temps aux précipitations atmosphériques	Ponctuelles ou généralisées selon la nature du défaut exposé à la pluie (défaut ponctuel ou défaut généralisé)
(3) <b>Condensation</b>	Tout niveau du bâtiment. Locaux : -Soumis à une production abondante de vapeur. -Non chauffés. -Dont l'air est confiné	Par intermittence (liées au refroidissement de l'air et à son confinement)	Quelques fois généralisées sur une ou deux parois (les plus froides du local) mais généralement ponctuelles

**Tableau III.1 :** Récapitulatif des types d'humidité les plus courants. (Source : Collombet R).

## I.2. Les pathologies liées à l'humidité

Les pathologies liées à l'humidité ont été groupées en quatre catégories, en fonction du rôle de l'humidité<sup>123</sup>. Ainsi, nous distinguons les altérations :

- Dues à l'action propre de l'humidité ;
- Dont l'humidité est le vecteur ;
- Se développant en milieu humide ;
- Et la dégradation des ambiances intérieures.

### I.2.1. Les altérations liées à l'action propre de l'humidité

Les transferts de vapeur d'eau ou d'eau liquide à travers les parois entraînent des modifications des caractéristiques physiques des matériaux<sup>124</sup>. Ces modifications concernent les propriétés thermiques, les propriétés mécaniques et les variations dimensionnelles des matériaux. S'ajoute à cette liste, les dommages liés à l'humidité quand on s'oppose au phénomène d'évaporation.

#### I.2.1.1. Modifications des propriétés mécaniques

La résistance mécanique des matériaux est dépendante de la teneur en eau de ces derniers, plus le taux d'humidité augmente plus la résistance mécanique diminue<sup>125</sup>. Beck Kévin<sup>126</sup> montre suite à des expériences que la résistance à la compression diminue de 55% entre l'état sec et l'état de saturation. L'explication de ce phénomène donné par R. Collombet<sup>127</sup> est la suivante : lorsqu'on exerce une compression sur un matériau humide, l'eau tend à s'en échapper, développant ainsi une pression qui s'ajoute à la contrainte exercée sur le matériau diminuant ainsi sa contrainte de compression admissible, causant la rupture du matériau.

#### I.2.1.2. Modifications des propriétés thermiques

L'humidité entraîne une augmentation de la conductivité thermique, le matériau placé dans un air où l'humidité relative augmente, ses pores se remplissent d'eau au lieu de l'air. Sachant que la conductivité thermique de l'eau est 25 fois supérieure à celle de l'air ( $\lambda_{\text{eau}} = 0,6$

---

<sup>123</sup> Berger J, Tasca-Guernouti S, Woloszyn M, Buhe C. Ope. Cite. p. 2.

<sup>124</sup> Idem. p. 2.

<sup>125</sup> Ibid. p. 2.

<sup>126</sup> Beck K. Characterization, water transfer properties and deterioration in tuffeau: building material in the Loire valley-France. Publication dans International Journal Building Environment. 2003.

<sup>127</sup> Agence Nationale pour l'Amélioration de l'Habitat, Collombet R. Ope. Cite. p. 60.

$W/m^2.K$ ,  $\lambda_{air}= 0,024 W/m^2.K$ )<sup>128</sup>. Il en résulte ainsi que des excès d'humidité relative dans un bâtiment accentuent les déperditions thermiques au niveau du mur, conduisant à une baisse importante de la température interne.

### I.2.1.3. Variations dimensionnelles

Lorsque le taux d'humidité d'un matériau augmente, son volume augmente, l'eau et l'humidité remplissent les pores contenus dans le matériau, ce qui entraîne successivement des gonflements et des retraits. Ainsi les particules de terre se désintègrent et la paille contenu dans le matériau se pulvérise<sup>129</sup>.

### I.2.1.4. Dommages entraînés par les enduits étanches aux migrations de vapeur d'eau

Comme nous l'avons déjà expliqué plus haut, l'opposition au processus d'évaporation de l'humidité contenue dans les matériaux d'une construction en terre peut être très dangereuse. Les conséquences les plus observés sont<sup>130</sup> :

- La dégradation du soubassement d'un mur, à cause de l'application de l'enduit étanche à base de ciment. Empêchant l'eau de s'évaporer, celle-ci s'accumule entre le mur et l'enduit provoquant des gonflements, des boursouflures et l'éclatement des enduits. La photo III.5 illustre ce phénomène sur un mur en pisé, affirmant l'incompatibilité de l'enduit en ciment et le matériau terre ;
- Dégradation d'un mur rejointoyé avec un mortier de ciment (riche en liant hydraulique). L'eau pénètre dans la paroi par capillarité, faute de pouvoir s'évaporer, elle s'accumule dans les joints jusqu'à entraîner, par pression, le détachement du mortier de rejointoiement. Les briques à leur tour s'ébrèchent, ainsi les joints s'élargissent, ouvrant le chemin à une éventuelle pénétration des eaux de pluie et une dégradation rapide de la maçonnerie (figure III.6).

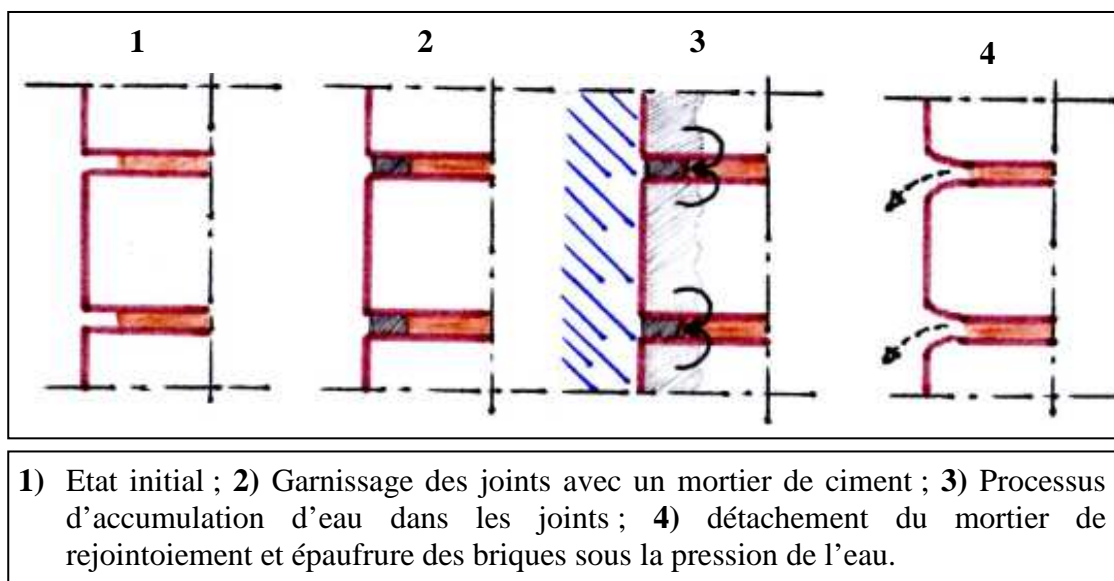


**Photo III.5 :** Dégradation du mur en terre sous l'enduit de ciment, Maatkas (Source : Auteur)

<sup>128</sup> Berger J, Tasca-Guernouti S, Woloszyn M, Buhe C. Ope. Cite. p. 3.

<sup>129</sup> Philkyprou M. La dégradation des matériaux de construction (pierre, terre, bois). Section de la conservation des bâtiments du service ministériel d'urbanisme et de logement. Méthode RehabiMed pour la réhabilitation de l'architecture traditionnelle méditerranéenne. Rehabimed. Aout, 2005. p. 239.

<sup>130</sup> Agence Nationale pour l'Amélioration de l'Habitat, Collombet R. Ope. Cite. p. 63.



**Figure III.6 :** Processus de dégradation d'un mur en brique de terre crue rejointoyé avec un mortier de ciment. (Source : Collombet R)

### I.2.2. Le gel-dégel des matériaux

L'action du gel-dégel peut provoquer l'éclatement des parties du mur en terre, entre autre les briques d'adobe. Le phénomène se produit lorsque les températures tombent au dessous de  $0^{\circ}\text{C}^{131}$ . L'eau présente dans les pores se transforme en glace et exerce une pression sur les autres pores remplis d'eau et d'air provoquant la destruction des parois du mur. Les dégradations provoquées par le gel-dégel se manifestent sous plusieurs formes, parmi elles : ébrèchement des angles des briques de terre crue et l'éclatement par plaques des parties de la construction agressées par le gel-dégel.

### I.2.3. Les phénomènes d'origines chimiques : la cristallisation des sels

Lorsque l'eau migrant à travers les matériaux du mur s'évapore, des sels se déposent sur les parements de la maçonnerie donnant naissance à des efflorescences qui se traduisent, en général, par des taches blanchâtres : formation de cristaux de sel, ce qu'on appelle « le salpêtre »<sup>132</sup>. Les sels les plus fréquents sont les chlorures de sodium,



**Photo III.6 :** Formation de cristaux de sel à la surface du terrain à joutant le mur de terre, Tamarna Lakdima (Source : Auteur).

<sup>131</sup> Berger J, Tasca-Guernouti S, Woloszyn M, Buhe C. Ope. Cite. p. 4.

<sup>132</sup> Pignal B. Terre crue : techniques de construction et de restauration. Editions Eyrolles, 2005. p. 48.

les sulfates de magnésium, de sodium et de calcium. Ils peuvent avoir pour origines les eaux souterraines, les gaz atmosphérique, contenu dans le matériau lui-même ou par contamination biologique du matériau<sup>133</sup>. La cristallisation peut avoir lieu à la surface (efflorescence), ou dans la paroi (subflorescence)<sup>134</sup>. Dans les deux cas, elle provoque l'effritement et décrochement des briques, plus grave encore, l'affaiblissement de la cohésion, qui désintègre le matériau, augmente la taille des pores et pulvérise la brique d'adobe<sup>135</sup>.

#### I.2.4. Les altérations se développant en milieu humide

##### I.2.4.1. Les dégradations biologiques

L'humidité à pour effet de provoquer des moisissures et des champignons, qui souvent détruisent les éléments en bois. En effet, dans une ambiance d'humidité prolongée, certains insectes et champignons se développent dans les structures en bois<sup>136</sup>. « Le mэрule » est l'un des champignons les plus connus<sup>137</sup>. Les dégâts observés sont la pourriture des parties en bois affectées par l'eau en particuliers celles encastrées dans le mur, ainsi que les fissures et la perte de solidité<sup>138</sup> (photo III.8).

##### I.2.4.2. Les creux et les alvéolisations

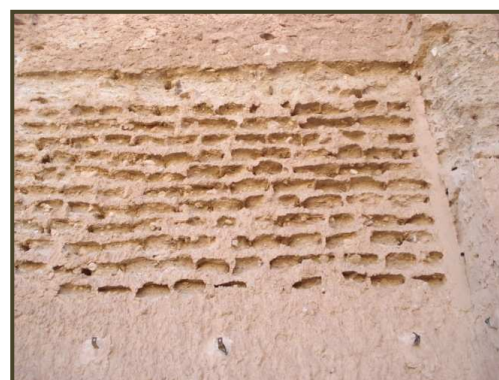
Le vent, l'eau, les rongeurs, les insectes et les oiseaux sont à l'origine des creux sur l'ensemble des murs qui ont subi des remontées capillaires. Ils sont attirés par les sels et les fissures préexistantes<sup>139</sup> (photo III.9).



**Photo III.7 :** Moisissures sur le mur en pisé, Maatkas (Source : Auteur).



**Photo III.8 :** Dégradation du linteau sous l'effet de l'humidité, Tamarna Lakdima (Source : Auteur).



**Photo III.9 :** Formation de creux sur le mur en terre crue, Tamarna lakdima (Source : Auteur).

<sup>133</sup> Berger J, Tascas-Guernouti S, Woloszyn M, Buhe C. Ope. Cite. p. 4.

<sup>134</sup> Agence Nationale pour l'Amélioration de l'Habitat, Collombet R. Ope. Cite. p. 67.

<sup>135</sup> Philkyprou M. Ope. Cite. p. 239.

<sup>136</sup> Philkyprou M. Ope. Cite. p. 140.

<sup>137</sup> Agence Nationale pour l'Amélioration de l'Habitat, Collombet R. Ope. Cite. p. 73.

<sup>138</sup> Philkyprou M. Ope. Cite. p. 140.

<sup>139</sup> Parc National dans Marais du Cotentin et du Bassin. Restaurer son bâti en terre : diagnostiquer, réparer, reboucher, protéger et améliorer votre bâti en terre crue. Collection « Conseil ». 2010. p. 10.

### I.2.5. La dégradation des ambiances intérieures

L'humidité peut agir, pas uniquement, sur le bâti mais aussi sur la qualité de l'air intérieur en favorisant le développement d'agents nocifs : bactéries, virus, champignons et acariens. Ce développement de moisissures est une pathologie pour le bâtiment et pour les occupants, pouvant provoquer des réactions allergiques, des infections et des troubles respiratoires.

### I.3. Le diagnostic

Intervenir efficacement dans le traitement de l'humidité commence par l'interprétation des manifestations apparentes de l'humidité sur les différentes parties de la maison : un moyen d'identification des causes. Cette partie essentielle est celle du « diagnostic »<sup>140</sup> qui s'opère selon deux étapes, la première appelée « pré-diagnostic », elle consiste à collecter des renseignements sur les manifestations, les causes de l'humidité, la nature et l'importance des dégâts. La deuxième étape du diagnostic vient compléter la première, si celle-ci ne suffit pas. Elle consiste à avoir recours aux mesures instrumentales faites par des spécialistes<sup>141</sup>.

Si l'humidité se manifeste uniquement par une frange en bas du mur, cela peut être l'effet d'une remontée capillaire. Si elle se manifeste avec des taches de façon discontinue sur le mur, plusieurs hypothèses sont possibles : on commence par vérifier l'état des gouttières, des descentes d'eau ainsi que les possibilités de rejaillissements ou d'une rupture de canalisation. Si aucune source accidentelle n'est constatée, il peut s'agir d'une remontée capillaire. Dans le cas d'un mur humide sur toute sa longueur, il peut s'agir de remontées capillaires, d'infiltrations d'eau de pluie si celui-ci est exposé aux pluies battantes, soit c'est dû au phénomène de condensation<sup>142</sup>. Le tableau ci-dessus résume, en gros, sous formes d'hypothèses, les observations nécessaires pour établir un diagnostic, qu'il faudra par la suite affirmer ou infirmer, afin d'apporter les remèdes adéquats<sup>143</sup>. Signalons que seuls les éléments concernant la maison en terre figurent dans le tableau.

---

<sup>140</sup> Agence Nationale pour l'Amélioration de l'Habitat, Collombet R. Ope. Cite. p. 81.

<sup>141</sup> Idem. p. 81.

<sup>142</sup> <http://objectif-habitat.com/video/le-traitement-des-murs-contre-les-remontees-capillaires-dhumidite/>

<sup>143</sup> Agence Nationale pour l'Amélioration de l'Habitat, Collombet R. L'humidité des bâtiments anciens : causes et effets, diagnostic et remèdes. Editions Moniteur. Paris, 1989.pp. 98-100.

	Nature des manifestations d'humidité.	Causes probables	Observations nécessaires pour établir le pré diagnostic.
<b>EXTERIEUR DU BATIMENT.</b>	Frange humide continue à la base des murs	Remontées capillaires.	<p>Permanence du phénomène.</p> <p>Humidité des parements intérieurs des murs concernés.</p> <p>Humidité des bâtiments voisins.</p>
	Frange humide discontinue à la base d'un mur.	<p>1) Humidité d'origine accidentelle.</p> <p>2) Rejaillissement de la pluie.</p> <p>3) Remontées capillaires.</p>	<p>Etat des ouvrages d'écoulement des eaux.</p> <p>Absence de gouttière au bord des toits.</p> <p>Nature du sol au pied du mur concerné.</p> <p>Relation entre la pluie et l'apparition du phénomène.</p> <p>Hétérogénéité de la construction.</p> <p>Recherche de l'origine de l'eau.</p>
	Auréoles ou efflorescences isolées ou à tout niveau du mur.	<p>1) Séquelles d'une ancienne invasion d'humidité.</p> <p>2) Humidification superficielle.</p>	<p>Permanence du phénomène.</p> <p>Hétérogénéité des matériaux.</p> <p>Relations entre l'humidité ambiante et l'apparition du phénomène.</p>
	Taches humides à tout niveau d'un mur.	<p>1) Humidité d'origine accidentelle.</p> <p>2) Infiltration de la pluie.</p>	<p>Etat des ouvrages d'écoulement des eaux.</p> <p>Capillarité des matériaux.</p> <p>Défectuosités ponctuelles (fissures).</p>

<b>INTERIEUR DU BATIMENT.</b>	Frange humide continue à la base des murs ou humidité intéressant toute la hauteur des murs.	Remontées capillaires.	Permanence du phénomène.  Humidité des murs de refond.
	Frange humide discontinue à la base d'un mur ou humidité intéressant toute la hauteur d'un mur.	1) Humidité d'origine accidentelle.  2) Remontées capillaires.  3) Condensation.	Etat des canalisations d'eau.  Recherche de l'origine de l'eau.  Caractère intermittent du phénomène. Stagnation de l'air. Existence d'un pont thermique et d'une paroi froide.
	Humidité des planchers sur toute leur surface ou sous forme de taches humides.	1) Remontées capillaires.  2) Condensation.	Permanence du phénomène. Humidité de la base des murs.  Caractère intermittent du phénomène.
<b>TOUT NIVEAU.</b>	Humidité d'un ou plusieurs murs sur toute leur surface ou sous forme de taches ponctuelles.	1) Condensation.  2) Infiltration latérale.  3) Humidité d'origine accidentelle.	Localisation des manifestations. Caractère intermittent du phénomène. Existence d'une paroi froide ou de ponts thermiques. Stagnation de l'air.  Relation entre la pluie et l'apparition du phénomène. Façade non abritée exposée à la pluie. Défectuosité de cette façade.  Etat des canalisations et des « points d'eau ».

**Tableau III.2 :** Tableau récapitulatif des éléments de diagnostic. (Source : Collombet R).

## II. Les pathologies structurelles

### II.1. Les désordres des fondations

#### II.1.1. Origines des désordres

La cause principale des désordres des fondations provient des tassements différentiels des sols porteurs<sup>144</sup>, ce qui cause la perte de la planéité des fondations<sup>145</sup>. Ce phénomène a pour origine<sup>146</sup> :

- Une malfaçon ou une erreur de conception à l'origine ;
- Une surcharge en superstructure ;
- Des mouvements de la nappe phréatique (variation de sa profondeur), qui fait varier la teneur en eau des sols porteurs ;
- Imprégnation longue des sols, suite à des inondations, entraînant des instabilités des sols porteurs ;
- Des effondrements dus à des travaux de voirie ou de raccordement de réseaux exécutés à proximité des murs.

Les désordres propres aux fondations sont de deux catégories<sup>147</sup> :

- Perte de la planéité de l'assise suite à des mouvements de sol, comme il a été déjà cité ;
- Perte de la cohésion de la maçonnerie constituant les fondations par dégradation de son mortier.

Toute fois, diagnostiquer un désordre au niveau des fondations revient à observer de près les désordres apparents sur les murs en superstructure, à savoir : les déformations et les fissures. Autrement dit, c'est la lecture des désordres sur les ouvrages de superstructure qui va permettre d'identifier le désordre au niveau des fondations<sup>148</sup>.

### II.2. Les désordres affectant les murs

#### II.2.1. Origines des désordres

En plus des effets néfastes de l'humidité sur le mur, tel qu'il a été expliqué dans « pathologies humide », la principale cause des désordres est le tassement différentiel du sol porteur.

---

<sup>144</sup> Coignet J. Ope. Cite. p. 17.

<sup>145</sup> Duquoc B. Entretien sa maison en 10 leçons, « chantiers pratiques ». Editions Eyrolles, 2006. p. 8.

<sup>146</sup> Coignet J. Réhabilitation : art de bâtir traditionnels connaissances et techniques. EDISUD, 1987. p. 71.

<sup>147</sup> Duquoc B. Ope. Cite. p. 8.

<sup>148</sup> Coignet J. Ope. Cite. p. 71.

### II.2.1.1. Origines du tassement différentiel

Le tassement différentiel a pour origine<sup>149</sup>

- Hétérogénéité du sol porteur (sol présentant une différence de résistance et de perméabilité) ;
- Surcharge du bâtiment ;
- Surélévation tardive augmente la charge sur le sol ;
- Modification de la descente des charges suite à une nouvelle charge concentrée ;
- Cisaillement de la semelle de fondation suite au passage de nouvelles canalisations ;
- Accroissement de la teneur en eau du sol.

### II.2.2. Les désordres

#### II.2.2.1. Déchaussement des briques de terre crue

Ce type de désordre est une particularité du système appareillé (mur en brique de terre crue). Il affecte la continuité structurelle du mur et se manifeste par le déchaussement de certaines briques de terre dans le court du mur<sup>150</sup>.



**Photo III.10** : Déchaussement des briques de terre crue, Témacine (Source : Auteur).

#### II.2.2.2. Déversement du mur

Deux types de déversement sont possibles<sup>151</sup> :

##### II.2.2.2.1. Le déversement vers l'extérieur

Ce désordre désigne l'éloignement du haut du mur par rapport à l'aplomb, sous l'effet d'une poussée latérale. Cette poussée peut venir soit d'une charpente déstabilisée, soit d'un plancher perdant son aplomb (rupture d'appui, surcharge), qui, du fait de l'absence de liaison, le mur ne résiste pas aux forces exercées sur lui, et à long terme, il fini par céder.

##### II.2.2.2.2. Le déversement vers l'intérieur

Dans ce cas le mur déverse vers l'intérieur suite à un affaissement de fondations vers l'intérieur ou par glissement de terrain.

<sup>149</sup> Coignet J. Ope. Cite. p. 17.

<sup>150</sup> Belinga nko'o C. Etudes prospectives pour le développement d'un habitat de qualité en adobe à Koudougou, Burkina-Faso. Mémoire du diplôme de spécialisation et d'approfondissement, architecture de terre. Grenoble, 2006. p. 62.

<sup>151</sup> Duquoc B. Ope. Cite. p. 15.



**Photo III.11** : Déversement du mur vers l'intérieur, Tamarna Lakdima (Source : Auteur).



**Photo III.12** : Etalement du mur déversé vers l'extérieur, Témacine (Source : Auteur).

### II.2.2.3. Les ventres

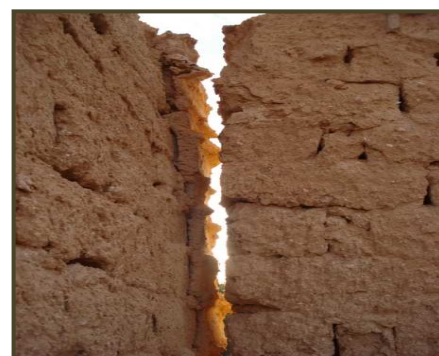
Ce désordre désigne un défaut de planéité. Sous l'effet des poussées de la charpente, le mur peut se déformer vers l'extérieur et former un ventre<sup>152</sup> (photo III.13).



**Photo III.13** : Formation de ventre à la base du mur, Tamarna Lakdima (Source : Auteur).

### II.2.2.4. La désolidarisation des murs

Elle peut intervenir suite à de multiples facteurs à savoir : surcharge des planchers, mauvais chaînage des angles, modifications des façades et modifications de la charpente ou des planchers qui vont pousser sur les murs et provoquer leur écartement (photo III.14).



**Photo III.14** : Désolidarisation des murs porteurs, Tamarna Lakdima (Source : Auteur).

### II.2.2.5. Les fissures

De formes diverses et variées (verticales, horizontales, obliques...), elles se traduisent par des fentes qui affectent le mur<sup>153</sup>. Selon la taille on peut distinguer soit des microfissures, fêlures, lézardes ou des crevasses. Et

<sup>152</sup> Coignet J. Ope. Cite. p. 61.

<sup>153</sup> Lamy sa expertise. Fissures : mieux comprendre les fissures. [www.lamy-expertise.fr/contact1/devis-tarif-estimation-maisonappartement.html](http://www.lamy-expertise.fr/contact1/devis-tarif-estimation-maisonappartement.html). Téléchargé en Juin 2012.

selon leur dynamique, on peut distinguer des fissures dites « mortes » c'est-à-dire stabilisées, elles sont bénignes pour le bâtiment. Ou au contraire « évolutives » qui sont les plus dangereuses pour la stabilité structurelle de l'ensemble du bâtiment<sup>154</sup>.

Donc, c'est la lecture des fissures, leur interprétation qui détermine les causes des désordres survenus auxquels il faut y remédier. En gros, une fissure verticale partant du bas de la maçonnerie indique un désordre de fondations. Une fissure partant du haut du mur révèle un désordre de charpente ou de plancher. Et une fissure dessinant en bas du mur un arc cintré, désigne un affaissement important des fondations au droit de cet arc<sup>155</sup>.

Plusieurs fissures sont observables sur le mur des constructions en terre :

#### II.2.2.5.1. Les fissures de poinçonnement

Elles sont dues à une mauvaise répartition de la charge (poids de la couverture ou des planchers)<sup>156</sup>. La charge se transmet au mur suite à des charges ponctuelles. Les fissures peuvent être inclinées par rapport aux cotés 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<sup>157</sup>.



**Photo III.15 :** Fissure de poinçonnement due à la poussée du chevron de la charpente, Maatkas (Source : Auteur).

#### II.2.2.5.2. Les fissures d'angle

Un harpage inefficace, voire inexistant engendre des fissures au niveau de l'intersection entre deux murs. On peut rencontrer deux familles de fissures selon que le mur soit monolithique (pisé) ou appareillé (Toub). Dans le premier cas la fissure est dite en « coup de sabre », elle est de configuration simple et verticale<sup>158</sup>. Dans le deuxième cas, le tracé de la fissure décrit les éléments de l'appareil dont elle se détache (tracé des joints entre les briques de terre)<sup>159</sup>. Ces désordres structurels sont liés à une mauvaise connexion entre les murs, ce qui provoque le détachement d'une paroi et son basculement voir son effondrement.

<sup>154</sup> Jeannet J, Pignal B, Scarato P. Ope. Cite. p. 26.

<sup>155</sup> Duquoc B. Ope. Cite. p. 16.

<sup>156</sup> Parc National dans Marais du Cotentin et du Bassin. Ope. Cite. p. 6.

<sup>157</sup> Diaz gomez C. Les désordres structurels des bâtiments dans l'architecture traditionnelle méditerranéenne. Méthode RehabiMed pour la réhabilitation de l'architecture traditionnelle méditerranéenne. Rehabimed. Aout, 2005. p. 197.

<sup>158</sup> Coignet J. Ope. Cite. p. 58

<sup>159</sup> Idem.

### II.2.2.5.3. Les fissures dues aux mouvements différentiels des fondations

Pour connaître les causes d'un mouvement différentiel, revoir plus haut dans « origines du tassement différentiel ».

L'affaissement d'un sol peut se produire soit à l'angle soit au milieu du mur<sup>160</sup>. Dans le premier cas, la fissuration est caractérisée par « un angle  $\alpha$  », dont le point le plus haut atteint le faitage du mur. Dans le deuxième cas, l'affaissement génère une série de fissures, qui dans le cas où le mur comporte des ouvertures, celles-ci sont dérivées vers les parties offrant une faible résistance à la rupture<sup>161</sup>.

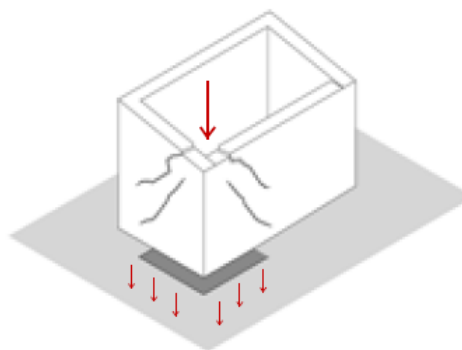


**Photo III.16 :** Fissure d'angle dite de « coup de sabre », Maatkas (Source : Auteur).

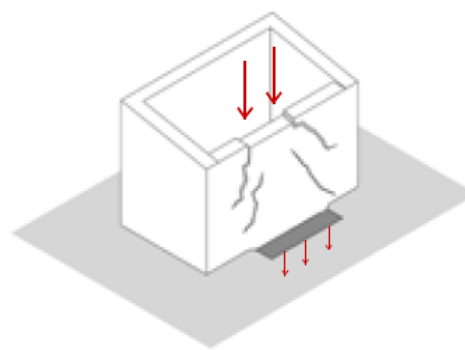
### II.3. Pathologies des ouvertures

Les dégradations des ouvertures peuvent dépendre soit d'un défaut propre à l'ouverture soit à la dégradation du mur-même<sup>162</sup>. Les dommages peuvent être dus à la mauvaise mise en œuvre du cadre ou à l'affaissement de la base sur laquelle repose l'ouverture. Une des dégradations les plus fréquentes est due à la détérioration des matériaux utilisés : pourriture du bois, érosion du cadre, mauvais entretien...

On peut discerner plusieurs dégradations, à savoir :



**Figure III.7 :** Fissures dues à l'affaissement des fondations au niveau de l'angle. (Source : Casanova X).



**Figure III.8** Fissures dues à l'affaissement des fondations au milieu du mur. (Source : Casanova X).

<sup>160</sup> Casanovas X. Manuel pour la réhabilitation de la ville de Dellys. Euromed Heritage. <http://www.euromedheritage.net>. Montada, 2012. p. 154.

<sup>161</sup> Idem.

<sup>162</sup> Casanovas X. Ope. Cite. p. 154.

### II.3.1. Dégradation du linteau

La rupture ou l'affaissement du linteau peut être dû à un désordre dans la maçonnerie en générale<sup>163</sup> et peut céder sous la surcharge d'une couverture plus lourde que l'origine (rompre sous le poids des charges).



**Photo III.17 :** Rupture du linteau, Tamarna Lakdima (Source : Auteur)

### II.3.2. Dégradation de l'appui de fenêtre

L'appui d'une fenêtre peut s'affaisser signalant une déstabilisation de la maçonnerie, suite à un désordre affectant l'allège ou les fondations<sup>164</sup>.



**Photo III.18 :** Formation de l'arc de décharg, Tamarna Lakdima (Source : Auteur).

### II.3.3. Dégradation des jambages

Les jambages peuvent être affectés<sup>165</sup> :

- Par la poussée exercée par un linteau défaillant ;
- Par une charge forte sur un jambage déjà fragilisé ;
- Par la dissociation du jambage avec la maçonnerie d'un mur qui bascule par un tassement différentiel.

### II.3.4. Dégradation des menuiseries

La détérioration des menuiseries provient principalement de l'action destructrice de l'humidité, que d'un problème structurel<sup>166</sup>. Sur la photo III.19, nous pouvons lire certains de ces désordres à savoir :



**Photo III.19 :** Dégradation de la menuiserie de la porte, Beni Yenni (Source : Auteur).

- Pourrissement du bois constituant les ouvrants ;
- Gonflement des bois de l'ouvrant à cause de la stagnation des eaux de ruissellement mal évacuées ;
- Erosion des ferronneries qui permettent la fixation et la rotation des ouvertures.

<sup>163</sup> Duquoc B. Ope. Cite. p. 59.

<sup>164</sup> Idem.

<sup>165</sup> Ibid.

<sup>166</sup> Duquoc B. Ope. Cite. p. 60.

## II.4. Pathologies des planchers

### II.4.1. Origines des désordres

Les désordres rencontrés dans les planchers peuvent avoir plusieurs origines<sup>167</sup> :

- **Défaut de conception** : le sous dimensionnement des pièces (poutres, solives), leurs extrémités peuvent être plus ou moins désengagées des appuis aménagés dans le mur.
- **Les surcharges** : elles sont dues à des modifications effectuées dans le temps ayant surchargé les structures. Ou à des utilisations ayant créé des surcharges réparties ou ponctuelles.
- **Humidité** : la présence d'eau dans un mur entraîne la dégradation des poutres au niveau des appuis, provoque leur pourrissement, diminue la résistance du bois, par conséquence celle du plancher.
- **Désordres des murs porteurs** : on observe des déformations des planchers à la suite d'un tassement différentiel ou des déversements des murs porteurs.
- **Actions de parasites** : les insectes et les champignons ont une action destructrice sur les éléments en bois (poutres, solives).

### II.4.2. Les désordres

#### II.4.2.1. Les déformations

Elles se manifestent par le fléchissement du plancher suite à la forte fluence à laquelle sont soumis les éléments en bois qui composent le plancher. Ce phénomène a pour conséquence de diminuer la capacité de résistance de l'élément qui compose le plancher, en l'occurrence : la poutre<sup>168</sup>.



**Photo III.20** : Fléchissement du plancher, Témacine (Source : Auteur).

#### II.4.2.2. La présence de fissure

La cause principale de la présence de fissures sur le plancher est due aux cycles d'humidité, à savoir humidification/séchage.

<sup>167</sup> Coignet J. Ope. Cite. pp. 71-71.

<sup>168</sup> Diaz gomez C. Ope. Cite. pp. 204-205.

### II.4.2.3. Les attaques biotiques

La présence de champignons ou d'insectes tels que les termites dans les éléments en bois, entraîne la diminution de la surface utilisable, par conséquence un affaissement du système porteur du plancher.



**Photo III.21** : Rupture de la poutre par attaques d'insectes, Tamarna Laktima (Source : Auteur).

## II.5. Pathologies des couvertures

### II.5.1. Origines des désordres<sup>169</sup>

- **Humidité** : défaut d'étanchéité cause l'infiltration des eaux de pluie, provoque le pourrissement et le fléchissement des pièces en bois.
- **Aléas climatiques** : vent, soleil, pluie, neige...
- **Tassement différentiel** : le tassement différentiel des murs porteurs peut provoquer des désordres au niveau de la couverture dans le cas où ces déformations différentielles modifient de manière irrégulière l'assise de la charpente.
- **Surcharges** : causés par le poids de la neige. S'ajoute les variations hygrométriques dues à une déshydratation rapide des éléments constitutifs, variant leur dimensions ce qui cause la désorganisation du système de la couverture.

### II.5.2. Les désordres

- La dissociation des assemblages ;
- Le fléchissement des pièces en bois et la rupture des éléments de charpente ;
- L'affaissement de la couverture ;
- Le pourrissement des bois ;
- L'attaque des insectes xylophages ;
- L'attaque par les champignons lignivores ;
- Rupture d'un matériau de couverture : éclatement des tuiles à cause du gel ;
- Toit colonisé par la végétation, qui soulève les éléments de couverture ce qui permet à l'eau de pénétrer.

<sup>169</sup> Coignet J. Ope. Cite. pp. 106-107.



**Photo III.22** : Colonisation de la couverture par la végétation, Beni Yenni (Source : Auteur).



**Photo III.23** : Effondrement de la couverture, Témacine (Source : Auteur).

## II.6. Pathologies des enduits

### II.6.1. L'origine des désordres

L'origine des désordres des enduits sont<sup>170</sup> :

- Défaut de préparation de l'enduit (mauvais dosage) ;
- Altération de la maçonnerie qui se répercute sur l'enduit ;
- Mauvaise préparation du support (mauvaise adhérence, mauvaise condition de mise en œuvre) ;
- Présence d'humidité ;
- Variations thermiques (dilatation et traction de l'enduit)<sup>171</sup> ;
- L'action des bactéries et des moisissures.



**Photo III.24** : Décollement de l'enduit, Maatkas (Source : Auteur).

### II.6.2. Les désordres

Les désordres engendrés par des problèmes de structure sont<sup>172</sup> :

- **Les craquelures, fissures et lézardes** : l'enduit se désolidarise de son support ;
- **Le décollement de l'enduit** : ce désordre peut avoir comme cause : mur trop arrosé, mauvaise mise en œuvre, un problème d'adhérence entre les différentes couches de l'enduit.

<sup>170</sup> Duquoc B. Ope. Cite. p. 19.

<sup>171</sup> Baloul N. Ope. Cite. p. 123.

<sup>172</sup> Duquoc B. Ope. Cite. p. 19.

- **L'apparition de tache** : sous l'action des bactéries, de la prolifération végétales ou tout simplement de la pollution atmosphérique.

## II.7. Pathologies des voûtes et des coupoles

### II.7.1. L'origine des désordres<sup>173</sup>

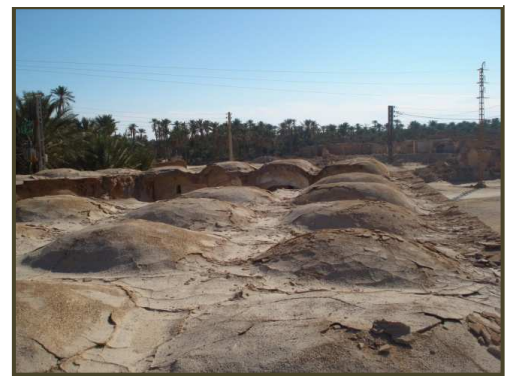
- Le tassement de fondations des murs porteurs ;
- Le déplacement des murs, des piliers et des pilastres qui reçoivent les poussées de la voûte ou de la coupole.



**Photo III.25** : Fissuration de la clé de l'arc, Témacine (Source : Auteur).

### II.7.2. Les désordres<sup>174</sup>

Les déformations des murs porteurs provoquées par les tassements des fondations se répercutent sur les voûtes causant de nombreuses fissurations sur l'ensemble de la voûte. Si l'origine des désordres persiste, les fissures vont évoluer, causant la déstabilisation de la voûte.



**Photo III.26** : Dégradation des coupoles, Témacine (Source : Auteur).

En ce qui concerne les coupoles, comme elles sont exposées aux intempéries cela les expose constamment à la dilatation et dessèchement qui se manifeste par des fissurations (photo III.26). Sans intervention rapide, l'humidité pénètre la structure en profondeur menant à la détérioration des briques de terre.

## II.8. Dommages provoqués par l'action sismique

Les dégradations que subies les constructions en terre en Algérie ne sont pas toutes liées, uniquement, à l'action du temps, au vieillissement naturel de la matière composants les différents éléments des constructions, à la pollution atmosphérique, ou aux interventions non réfléchis de l'homme. Mais nous ajoutons à cette liste, également, l'action des tremblements de terre (séisme), qui n'est pas négligeable et qui provoque, chaque fois qu'elle survient des dégradations diverses. Cela va des simples fissurations sur les murs jusqu'à l'effondrement total des constructions. Nous signalons dans ce cas, qu'il s'agit bien sur, des constructions situées au nord du pays où le degré de sismicité est important.

<sup>173</sup> Diaz gomez C. Ope. Cite. p. 206.

<sup>174</sup> Idem.

Quand un séisme se produit, la construction est frappée par des mouvements d'oscillations verticales des forces horizontales et de torsion transmis par le sol. Le phénomène est que le sol en se déplaçant entraîne avec lui les fondations, sauf que la superstructure du bâtiment réagit à ce mouvement avec un certain retard<sup>175</sup>. De ce fait, les murs, les planchers et les toitures subissent des sollicitations de flexion, qui, conjuguées avec une mauvaise exécution de la construction engendrent des déformations, des fissurations ou plus grave encore l'écroulement total de la maison.

### **II.8.1. Les facteurs aggravants l'action sismique<sup>176</sup>**

#### **II.8.1.1. Conditions du site d'implantation**

La topographie du sol et la nature des terrains sont des facteurs qui amplifient la gravité des désordres. Il convient d'éviter, les sols meubles, marécageux, les falaises, abords des rivières...

#### **II.8.1.2. Le matériau**

Une mauvaise qualité du matériau, un mauvais dosage ou une fabrication défectueuse, accentuent les désordres sismiques affectant la construction.

#### **II.8.1.3. Défaut d'exécution**

Les bâtiments mal exécutés présentent une faiblesse face aux actions du séisme. La mal façon dans la réalisation des fondations, l'exécution de la maçonnerie, d'absence de chaînage entre murs et fondations, entre murs contigus, entre mur et toiture, faible encastrement des poutres dans les murs, sont tous des facteurs qui aggravent l'action sismique.

#### **II.8.1.4. Vétusté et défauts d'entretien**

Les maisons mal entretenues, affaiblies par l'action des usagers : surcharges, percement d'ouvertures, mauvaise conservation des soubassements et des angles, présentent des dommages importants.

### **II.8.2. Comportement des murs et types de désordres structurels**

Nous déplorons notre incapacité d'approfondir nos connaissances relatives au risque sismique, du fait que ce phénomène n'est pas fréquent et il nous est difficile de distinguer les dégradations causées par le séisme des autres causes de dégradations.

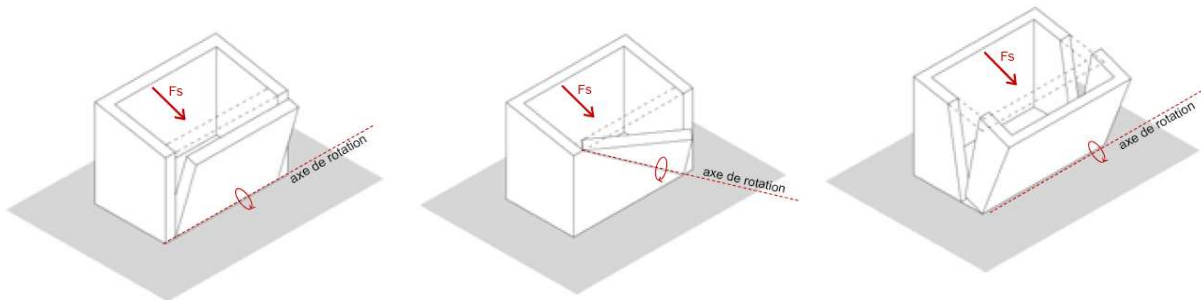
---

<sup>175</sup> Houben H, Guillaut H. Ope. Cite. p. 308.

<sup>176</sup> Idem.

Nous reprochons à ce type de construction le fait qu'il est dépourvu de solutions structurelles antisismiques, lui permettant de faire face aux contraintes sismiques. Un seul dommage touchant une simple paroi suffit pour causer des effondrements de l'ensemble fonctionnel de la construction. En se référant aux études de CRATerre dans ce domaine, la figure III.9 met en évidence certains désordres structurels causés par l'action sismique<sup>177</sup>.

- ✓ *Premier cas* : on observe le détachement et le basculement du mur. L'effondrement est dû au manque de liaison entre les murs formant l'angle.
- ✓ *Deuxième cas* : dans ce cas la liaison d'angle est correctement réalisée. Le mur se déforme, alors, suivant un axe de rotation, coïncidant avec l'axe faible du mur.
- ✓ *Troisième cas* : les murs étant bien liaisonner, la fracture se produit plus loin que l'angle, provoquant le détachement d'une partie importante du mur.



1- Basculement du mur dont l'axe de rotation est situé à la base.

2- Basculement du mur relié sur une extrémité, axe de rotation le long de l'axe faible, la diagonale.

3- Basculement du mur dont la connexion d'angle est bonne, axe de rotation situé à la base.

**Figure III.9** : Dommages structurels provoqués par le séisme. (Source : Casanova X).

### Conclusion

*Suite à l'analyse effectuée sur l'état de conservation des constructions en terre crue, nous avons constaté que, nombreuses sont les habitations se trouvant dans un état de dégradation avancé. Une situation jugée, à la fois, inquiétante et alarmante.*

*Les constructions en terre crue sont très vulnérables à l'action de l'eau. Elle est, pratiquement, à l'origine de toutes les dégradations. Elle est pour la construction ce qui est le virus pour le corps humain.*

<sup>177</sup> Casanovas X. Ope. Cite. p. 154.

*Pas que cela, l'emploi des matériaux contemporains incompatibles avec le matériau terre, le manque d'entretien et les erreurs de conception, ne font qu'aggraver l'état des constructions.*

*Les maisons en terre ne sont pas conçues pour faire face aux risques sismiques. La conception parasismique, - si elle est connue- elle ne constitue pas un objectif des artisans de l'architecture traditionnelle.*

*Face à toutes ces pathologies, nous dirons, que le seul vrai remède consiste à s'attaquer aux causes. Encore convient-il, de les avoirs au préalable détecté par le biais d'un bon diagnostic.*

*Dans une opération de réhabilitation il est indispensable de connaître tout les procédés en matière de consolidation d'entretien et de protection. C'est à cela que nous nous appliquerons dans le chapitre suivant.*

# QUATRIEME CHAPITRE

## TECHNIQUES DE REHABILITATION STRUCTURELLE

## Introduction

Les constructions en terre sont peu résistantes aux contraintes de traction et de cisaillements, l'eau les fragilise encore d'avantage. Au vu de tous les désordres que nous avons soulevé précédemment, nous nous intéresserons ci-après aux techniques de réhabilitation. Cependant, le choix d'avoir recours à l'une d'elle est conditionné par la connaissance des savoir-faire traditionnels, du mode constructif et enfin des causes des désordres ayant provoqués le processus de dégradation.

## I. Les remèdes contre l'humidité

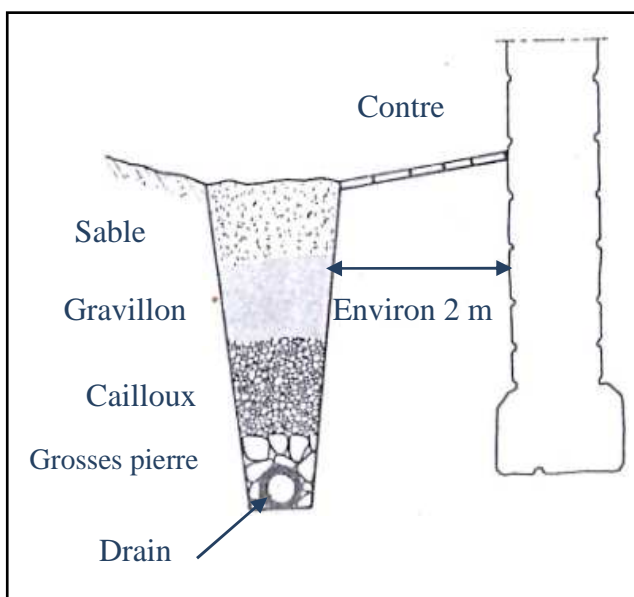
### I.1. Installation de drain périphérique

#### I.1.1. Drain extérieur

Le drain est un dispositif qui permet de contrôler l'humidité présente aux pieds du mur. Le système consiste à intercepter les eaux de pluie et les empêcher d'atteindre la base des murs, de les canaliser vers un drain raccordé au réseau d'eaux pluviales<sup>178</sup> (figure IV.1).

##### I.1.1.1. Mise en œuvre<sup>179</sup>

- La pose du drain est précédé par :
  - ✓ Un décapage du sol extérieur remonté contre le mur ;
  - ✓ Un dégagement du bas du mur ;
  - ✓ Une suppression de la végétation à proximité du mur ;
  - ✓ Une suppression du dallage étanche qui empêche l'évaporation naturelle de l'eau.
- Effectuer une tranchée en pente douce le long du mur sur son coté extérieur, avec pour profondeur le niveau de la fondation ;
- L'évacuation des eaux loin des structures se fait à l'aide d'un drain qui consiste en un tuyau PVC de type agricole à fond cunette ;



**Figure IV.1** : Drain extérieur. (Source : R Collombet)

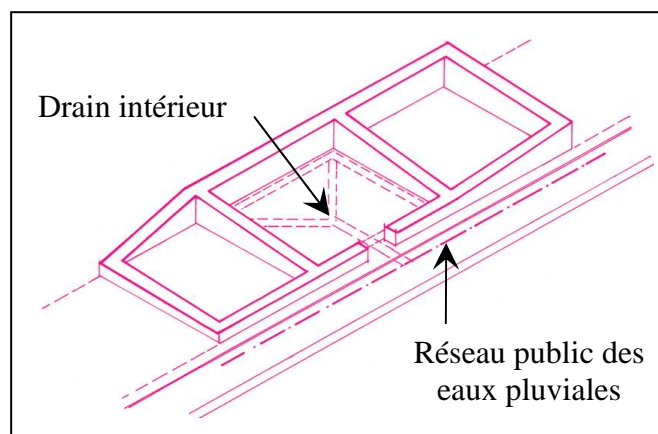
<sup>178</sup> Agence Nationale pour l'Amélioration de l'Habitat, Collombet R. Ope. Cite. p. 120.

<sup>179</sup> Jeannet J, Pignal B, Scarato P. Le bâti ancien. Ope. Cite. p. 20.

- Remblayer la tranchée successivement avec des gros et moyens cailloux, un élément filtrant (géotextile non tissé qui empêche le colmatage des orifices), du sable et enfin de la terre végétale. Prévoir également des regards de visite qui permettent l'entretien ;
- Réaménager le sol extérieur en pente, le couvrir avec un dallage imperméable à l'eau et perméable à la vapeur d'eau. Cette contre pente permet d'évacuer loin des murs les eaux pluviales ;
- Quelques précautions sont à prendre lors de la réalisation du drain à savoir : éviter de le poser au ras du mur<sup>180</sup>, celui-ci entraîne une instabilité des fondations et une étanchéité à la vapeur d'eau contenue dans le mur. En effet, il faut l'éloigner d'environ 2 mètre, pour permettre au mur d'évacuer l'eau qu'il a emmagasiné et surtout pour ne pas contraindre l'évaporation de l'humidité éventuelle. L'amélioration hydrique d'un terrain peut produire un léger tassement donc, il est déconseillé d'enduire les façades la première année pour éviter les fissurations de l'enduit.

### I.1.2. Drain intérieur

Le drain intérieur sert quand la maison est en mitoyenneté et que la réalisation d'un drain extérieur est impossible. Il fonctionne comme un système de rigoles anciennes canalisant, sous le bâtiment, l'eau de passage dans le sens de la pente du terrain<sup>181</sup>.



**Figure IV.2 :** Drain intérieur dans une maison mitoyenne. (Source : Yves Baret).

### I.2. Mise en place d'une barrière étanche à la base du mur

Ce procédé consiste à introduire horizontalement dans l'épaisseur du mur une barrière étanche, supprimant les pores par lesquels s'effectuent les remontées capillaires<sup>182</sup> (figure IV.3). Une expérience<sup>183</sup> similaire a été réalisée au Burkina-Faso sur un mur en brique de terre crue (figure IV.4), où l'on a combiné entre l'utilisation du drain et de la barrière étanche et une rigole pour canaliser les eaux de pluie.

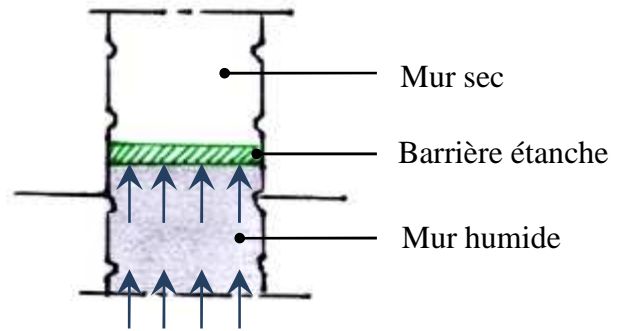
<sup>180</sup> Jeannet J, Pignal B, Scarato P. Le bâti ancien. Ope. Cite. p. 20.

<sup>181</sup> Baret Y. Traiter l'humidité : comprendre, diagnostiquer, évacuer, prévenir. Chantiers pratiques, éditions Eyrolles. France, 2007. p. 29.

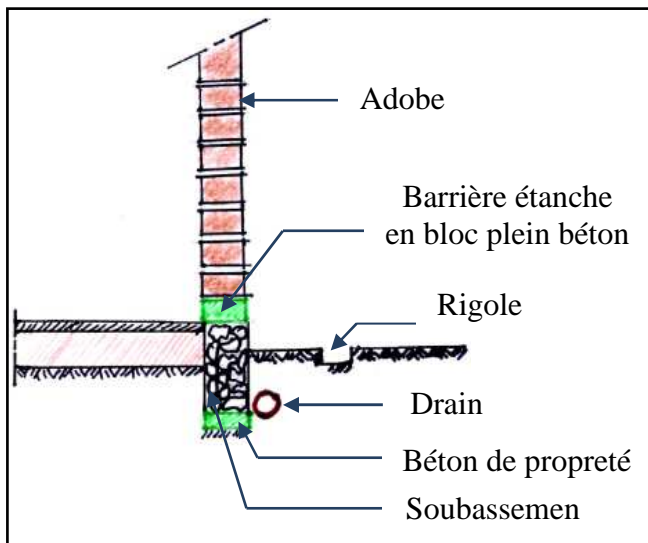
<sup>182</sup> Agence Nationale pour l'Amélioration de l'Habitat, COLLOMBET.R. Ope. Cite. p. 123-124.

<sup>183</sup> Belinga nko'o C Ope. Cite. p. 98.

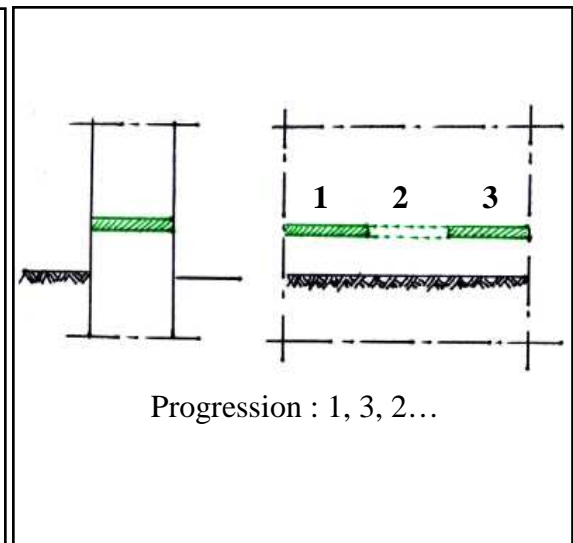
La méthode consiste à remplacer une bande de la maçonnerie existante par une maçonnerie non capillaire. Le découpage du mur s'effectue par un tronçon alterné, dans la partie sous-jacente à celle que l'on veut assécher, pour la reconstruire avec des matériaux anticapillaires<sup>184</sup> (figure IV.5).



**Figure IV.3 :** assèchement d'un mur par implantation d'une barrière étanche. (Source : Collombet R)

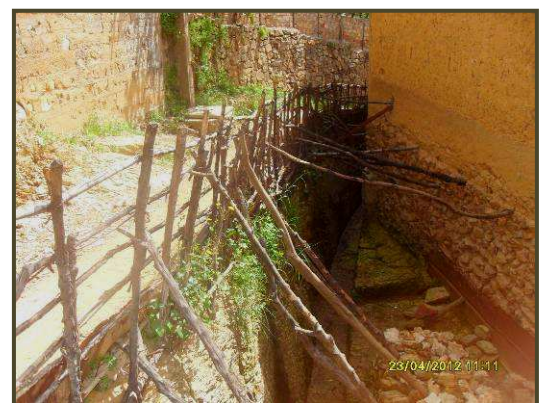


**Figure IV.4 :** Principe de fondation, expérience à Burkina-Faso. (Source : Belinka



**Figure IV.5 :** Sciage d'un mur par tronçons alternés successifs. (Source : R Collombet).

La photo IV.1, prise à Maatkas en Kabylie village d'Ichaouadiène, illustre un drain périphérique extérieur. D'après les propos recueillis au près du propriétaire, l'installation du drain est la solution pour finir avec les infiltrations d'eaux de pluie dont souffrait la maison. Pour cela, le propriétaire a procédé par la mise en place d'une rigole pour canaliser les eaux vers le collecteur principal après avoir dégager la terre sous-jacente au soubassement.



**Photo IV.1 :** Drain extérieur, Maatkas. (Source : Auteur)

<sup>184</sup> Agence Nationale pour l'Amélioration de l'Habitat, Collombet R. Ope. Cite. p. 125.

### **I.3. Techniques pour lutter contre la condensation**

Dans le cas de pathologies liées à la condensation, deux techniques existent. Pour la première il s'agit de rétablir le transfert hygrométrique en supprimant l'enduit étanche et le remplacer par un enduit qui permet au mur en terre de respirer. La deuxième est toute simple, elle consiste à assurer efficacement le renouvellement de l'air pour éviter que le degré hygrométrique de l'air ambiant ne s'élève dans les pièces à forte production de vapeur d'eau. Ouvrir une fenêtre est geste de bon sens qui peut suffire pour évacuer l'excédent de vapeur<sup>185</sup>.

### **I.4. Traitement de ruissellement des eaux**

Si le ruissellement est dû à une rupture de canalisation, dans ce cas on commence par réparer la canalisation, ensuite on opère par une réfection de l'enduit avec de préférence un enduit lié à la chaux. Si le ruissellement a creusé une cavité importante (voire chapitre 3 photo III.4), on la comble avec un mélange de paille et mortier de chaux, on recouvre ensuite l'ouvrage d'un enduit à la chaux.

## **II. Réhabilitation des structures atteintes**

### **II.1. Techniques de consolidation**

Une fois l'évaluation effectuée, on procède à la stabilisation des parties endommagées au moyen d'étais, qui doivent les soutenir tout au long de l'intervention. Si nécessaire, il convient de limiter l'accès à l'habitation pendant cette période afin d'éviter les accidents.

#### **II.1.1. Réhabiliter les fondations et les soubassements**

L'une des causes de détérioration des murs est que ceux-ci sont en contact direct avec le sol, deux solutions existent.

##### **II.1.1.1. Nettoyage et mise à niveau**

Dans le cas où les fondations et le soubassement sont en bon état, la solution consiste juste à éliminer la terre qui recouvre le mur jusqu'au soubassement et laisser le niveau du sol 10 cm au minimum au-dessous des soubassements<sup>186</sup> (figure IV.6).

##### **II.1.1.2. Reprise des fondations**

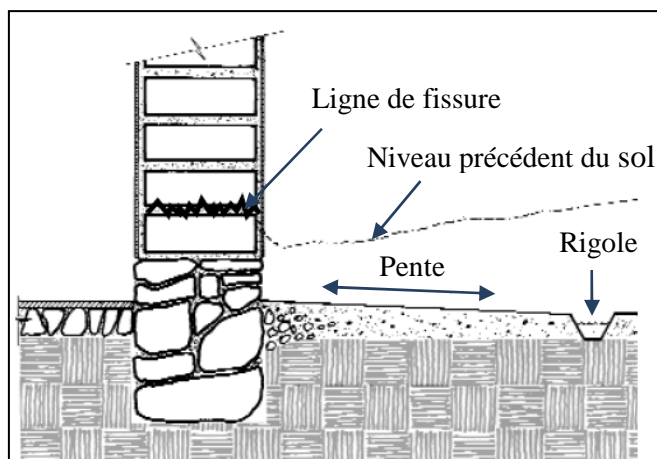
Si la base du mur présente des écroulements qui mettent en danger la stabilité de l'édifice, ou que l'on a constaté un défaut de fondations, la solution est d'étayer au préalable le mur, de

---

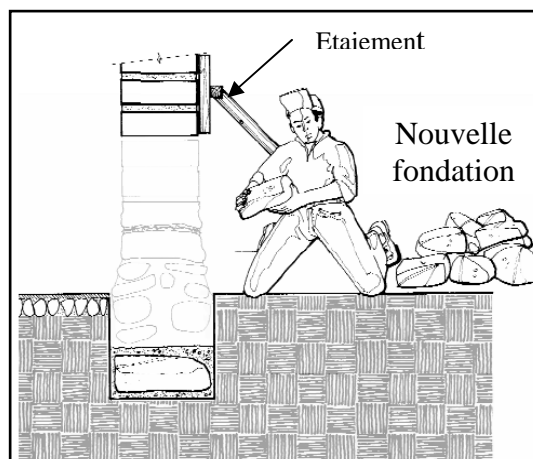
<sup>185</sup> Baret Y. Ope. Cite. p. 67.

<sup>186</sup> Carazas aedo W, Olmos AR. Réhabilitation : guide de construction parasismique, MESEROR. Editions CRATerre, France. p. 12. Téléchargé en Février 2010.

démolir la partie endommagée, ensuite, on procède à une reprise de fondations et la reconstruction du mur<sup>187</sup> (figure IV.7).



**Figure IV.6 :** Nettoyage et mise à niveau.  
(Source : CRATerre).



**Figure IV.7 :** Reprise des fondations.  
(Source : CRATerre)

## II.1.2. Consolidation des murs

### II.1.2.1. Renforcer un mur par un chaînage

Une des techniques réparatrices des problèmes d'inclinaison et de séparation des murs consiste à les renforcer par l'ajout d'un système de chaînage. Pour cela, il faut consulter un expert pour le détail du ferrailage et le béton à employer selon l'état et la taille de l'édifice, l'exécution se fera suivant ses indications. Les matériaux employés, le bois, l'acier ou le béton armé doivent avoir une bonne adhérence avec la terre pour assurer l'efficacité du chaînage<sup>188</sup>.

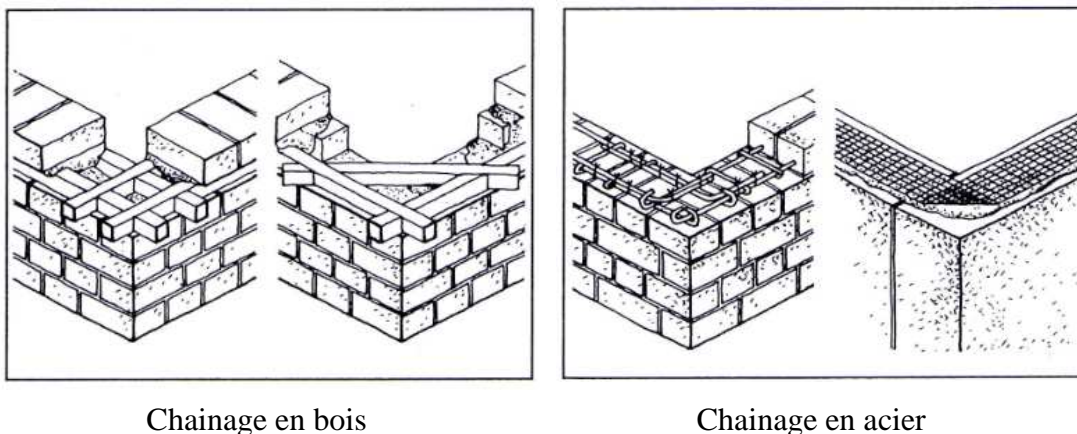
Les chaînages en bois sont posés dans l'épaisseur des murs, ancrés par des aciers et des colliers métalliques, le tout coulé dans un bain de mortier. Cependant, le bois demeure sensible à l'eau et aux termites. Pour cela, il est conseillé d'employer des bois traités et secs, débarrassés de leur écorce. Concernant les chaînages en acier, ces derniers doivent être convenablement ligaturés et suffisamment enrobés de mortier et de béton. Il est conseillé de couler le chaînage sur une couche de terre stabilisée<sup>189</sup> pour assurer une bonne adhérence du béton à la terre et éviter une détérioration par le contact avec le matériau humide<sup>190</sup> (figure IV.8).

<sup>187</sup> Carazas aedo W, Olmos AR. Ope. Cite. p. 12.

<sup>188</sup> Houben H, Guillaud H. Traité de construction. Ope. Cite. p. 261.

<sup>189</sup> La stabilisation : c'est modifier les propriétés de la terre par l'ajout de produit tel que : le ciment, les fibres, le bitume, la chaux... dans le but de les améliorer. Pour en savoir plus voir les expériences effectuées par CRATerre.

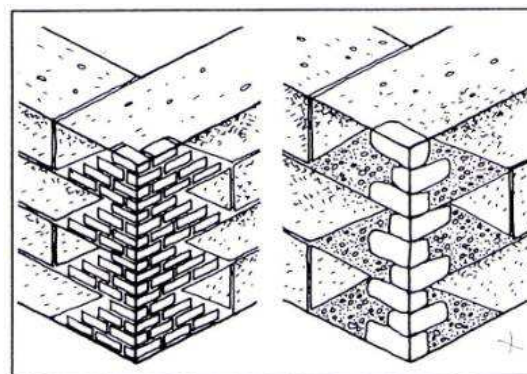
<sup>190</sup> Houben H, Guillaud H. Traité de construction. Ope. Cite. p. 259



**Figure IV.8 :** Renforcement d'un mur avec un chainage. (Source : CRATerre).

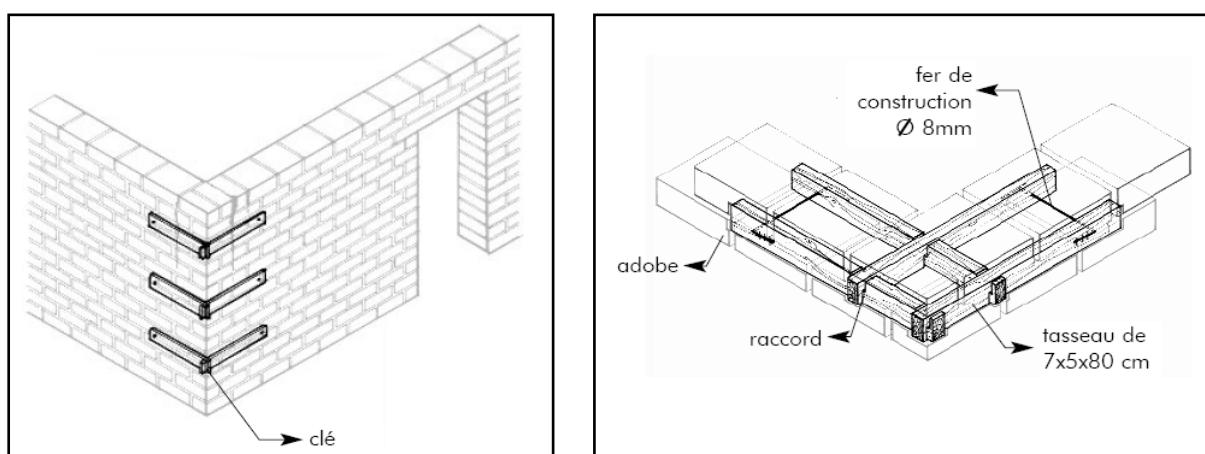
### II.1.2.2. Liaison d'angle

Il existe de nombreuses solutions de traitement des angles en employant la pierre, la brique cuite, le mortier de chaux ou de ciment. Ces matériaux sont incorporés dans l'angle extérieur exposé à l'érosion, lors de la mise en œuvre<sup>191</sup> (figure IV.9). La méthode convient surtout pour les constructions en pisé, elle consiste à réaliser un harpage qui assure une bonne liaison entre le matériau et la terre crue.



**Figure IV.9 :** Angles maçonnées en matériaux durs. (Source : CARTerre)

#### II.1.2.2.1. Renforcement des angles au moyen de clé<sup>192</sup>



**Figure IV.10 :** Détail de la clé en bois. (Source : CRATerre).

<sup>191</sup> Idem. p. 259.

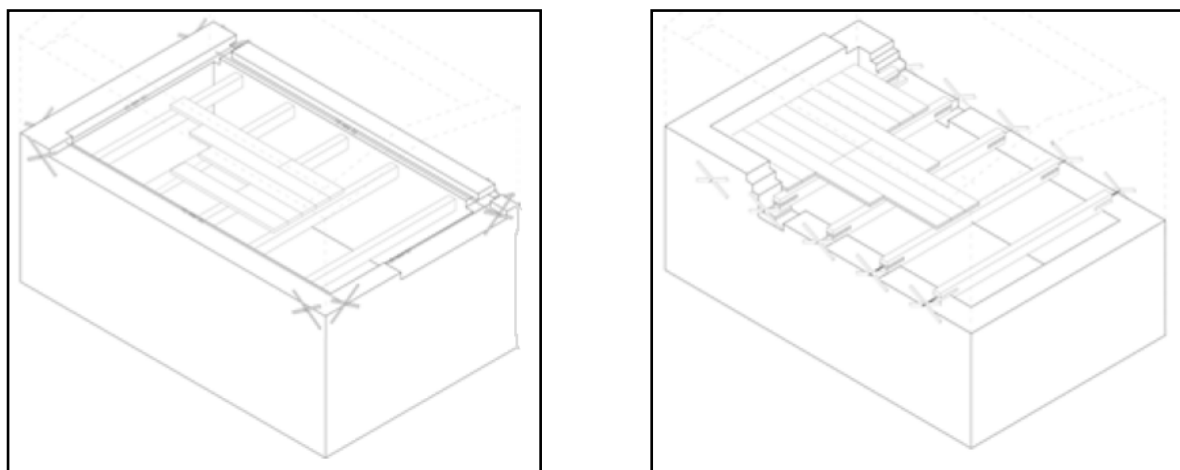
<sup>192</sup> Carazas aedo W, Olmos AR. Ope. Cite. p. 10

Il est recommandé de les installer à intervalle égale, la figure IV.10 illustre le détail de la clé, il est réalisé en bois, constitué par des chevillages mâle et femelle. Une fois les clés sont installées on rebouche les fissures, ensuite on recouvre le tout d'un mortier de terre et de paille en prenant le soin de remplir les espaces restants entre la clé et le mur.

### II.1.2.3. Mise en place de tirants

Un tirant est un appareillage métallique qui retient deux murs opposés ayant tendance à s'écarter. Cette méthode consiste à fixer des câbles en acier sur deux murs opposés pour éviter qu'ils s'écartent d'avantage<sup>193</sup>. Les câbles doivent être posés de telle manière qu'ils ne nuisent pas à l'activité humaine à l'intérieur de la maison. Il convient également de prévoir que l'un des deux éléments d'ancrage admette le réglage périodique de la tension pour compenser les effets de l'allongement éventuel du tirant<sup>194</sup>. Ils existent plusieurs types de tirant permettant de stopper l'écartement des murs, la figure IV.11, nous illustre :

- A gauche : un exemple de tirant réalisé avec des têtes d'ancrage métalliques à l'extérieur, pour chaîner les murs à l'angle ;
- A droite : nous avons un exemple de tirant réalisé avec étrier et tête d'ancrage métallique, placé à chaque chevron.



**Figure IV.11** : Les tirants métalliques. (Source : CASANOVAS X).

<sup>193</sup> Jeannet J, Pignal B, Scarato P. Le bâti ancien. Ope. Cite. p. 28.

<sup>194</sup> Diaz gomez C. La réhabilitation des éléments structuraux de l'architecture traditionnelle méditerranéenne. Les techniques de réhabilitation : renforcer les structures, outil 8. RéhabiMed, 2005. p. 301. Téléchargé en Aout 2012.

### II.1.2.4. Contreforts en maçonnerie

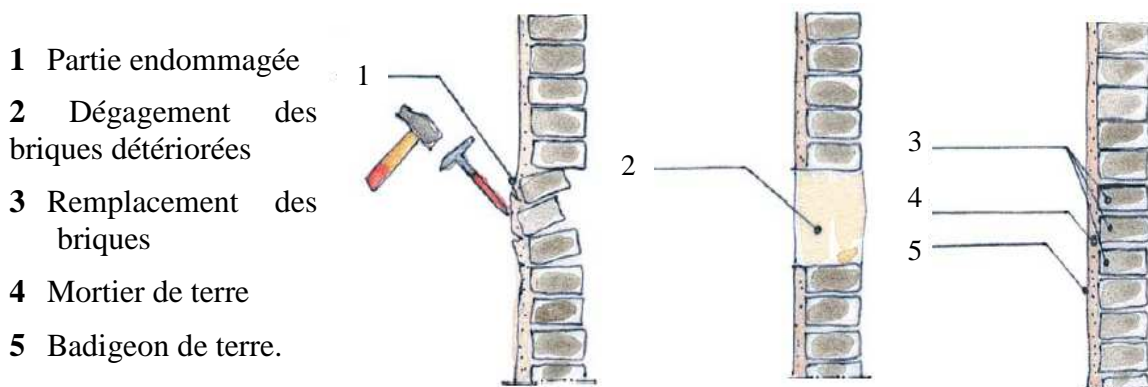
Ils remplacent les tirants lorsque le bâtiment n'est pas suffisamment rigide pour absorber les tensions ponctuelles créées aux points d'ancrage des tirants<sup>195</sup>. Dans ce cas, le rôle des contreforts consiste à absorber les sollicitations que subi les murs et de les transmettre au sol.



**Photo IV.2 :** Contrefort, Ksar Témacine (Source : Auteur)

### II.1.3. Réparer un mur en brique de terre crue

#### II.1.3.1. Réparation d'une détérioration partielle (déchaussement)



**Figure IV.12 :** Méthode de réparation partielle d'un mur en brique de terre crue. (Source : Architecture Traditionnelle Méditerranéenne)

Avant d'entreprendre les travaux de réparation il faut, tout d'abord prévoir des mesures de sécurité par la consolidation avec des étaielements des parties du bâtiment au contact direct avec la partie du mur à réparer, ensuite identifier et réparer en priorité la cause des dégâts. Quand il faut remplacer les briques déchaussées (figure IV.12), on procède par les étapes suivantes :

- Fabriquer des unités de briques aussi proche que possible des origines, à défaut, on peut trouver des modules similaires en brique de terre cuite ;
- Enlever l'enduit et les briques de terre endommagées ;
- Remplacer les briques dégagés par des nouvelles unités, les appareiller ensuite avec un mortier de liaison à la chaux ;

<sup>195</sup> Jeannet J, Pignal B, Scarato P. Ope. Cite. p. 26.

- Couvrir la surface avec un mortier de terre fabriqué avec la même terre qui a servi à la fabrication des briques de Thoub. Le mortier peut être stabilisé, dans ce cas il faut proscrire le ciment trop rigide et étanche, et utiliser une chaux hydraulique.

### II.1.3.2. Réparation d'une détérioration entière

L'opération consiste à démonter une grande partie ou le mur en entier et le reconstruire à nouveau. Pour entreprendre une telle réparation il faut suivre les étapes suivantes :

- Fabriquer des briques de terre (tout comme dans le cas d'une détérioration partielle) ;
- Vérifier au préalable, la solidité des fondations, renforcer les endroits affaiblis avec des pierres additionnelles, réparer le toit et concevoir un système d'évacuation des eaux pour écarter toute source d'humidité ;
- Procéder à la reconstruction selon la type du mur, rejointoyer avec mortier à base de chaux hydraulique ;
- Couvrir le mur avec un enduit de terre préparé dans les règles de l'art.

### II.1.3.3. Traitement d'une déformation (ventre)

Il faut avant tout supprimer la cause de la déformation, dans la plus part du temps la reconstruction du mur s'impose, mais quand le ventre est acceptable, on peut se contenter de poser un tirant avec un chaînage en haut du mur.

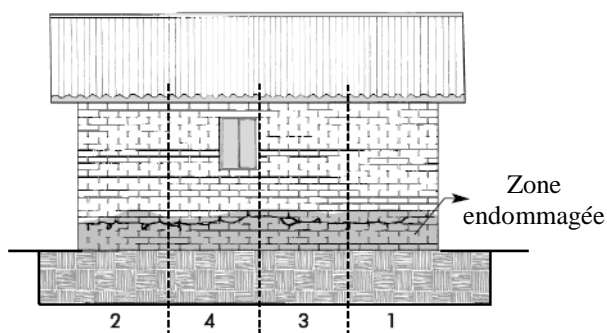
### II.1.3.4. Les étapes de réparation d'un mur

La manière correcte de réparer un mur endommagé est de procéder par alternance<sup>196</sup> :

**Premièrement** : diviser la longueur du mur qui a subi des dommages en tronçon de 1,2 à 1,5 m commençant par les extrémités.

**Deuxièmement** : on procède ensuite à l'étayage latérale du mur. On démonte une première partie choisie en formant un arc de décharge. On reconstruit les fondations

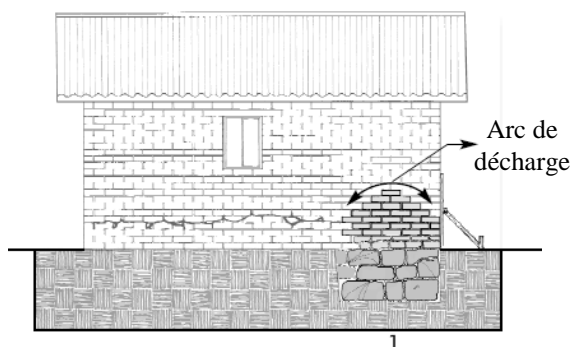
et les soubassements (si ceux-ci sont affectés ou inexistant), puis à la reconstruction du mur.



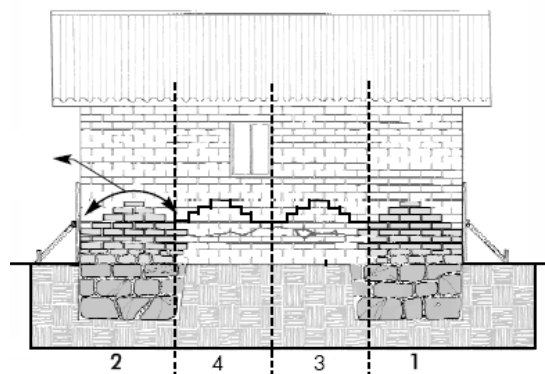
**Figure IV.13** : Première partie de réparation d'un mur. (Source : CRATerre).

<sup>196</sup> Carazas aedo W, Olmos AR. Ope. Cite. p. 13.

**Troisièmement** : changer de position et de l'autre côté afin de stabiliser la maison et ainsi terminer successivement les différentes parties sélectionnées : position 3 ensuite position 4.



**Figure IV.14** : Deuxième partie de réparation d'un mur. (Source : CRATerre)



**Figure IV.15** : Troisième étape de réparation. (Source : CRATerre)

#### II.1.4. Reprise des fissures

Avant toute reprise de fissure, il faut vérifier la stabilité de l'ouvrage en plaçant des témoins (photo IV.3), si la fissure est vivante il faut établir la cause du mouvement et l'éliminer. Une fois les fissures « mortes » (ce qui peut prendre plusieurs semaines), il est alors, nécessaire de renforcer les structures à l'aide de tirants, chainages ou contreforts, et de combler les fissures avec de la terre<sup>197</sup>. Les fissures les plus importantes peuvent être suturées à l'aide de clés noyées dans la reprise du mur en terre.



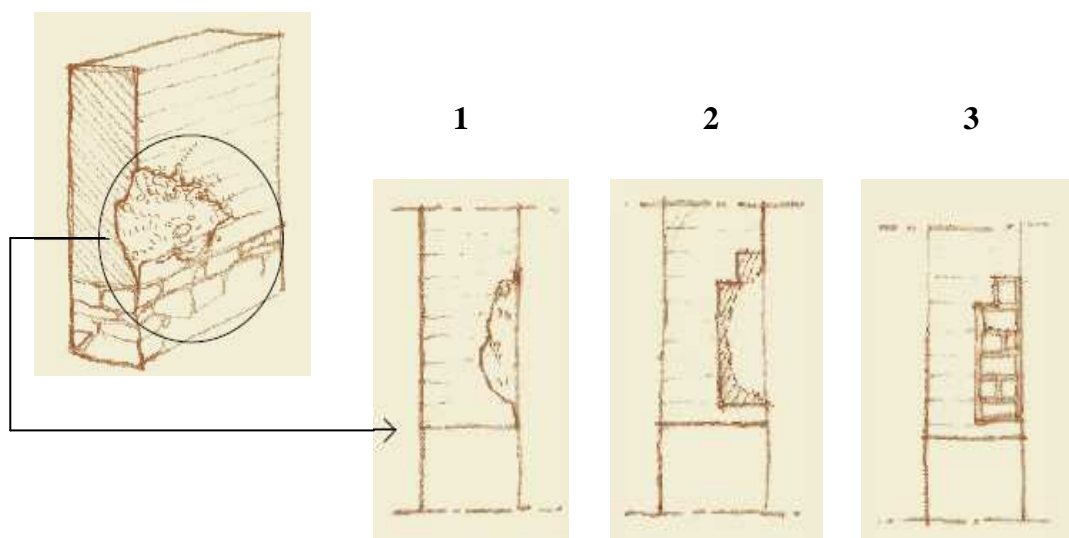
**Photo IV.3** : Témoin en plâtre sur une fissure. (Source : Moriset S)

#### II.1.5. Réparer les cavités

Pour cela, il faut nettoyer l'endroit à traiter en enlevant toutes les parties ayant perdu leur cohésion<sup>198</sup>. Sculpter le mur pour, d'une part, assurer une bonne assise horizontale à la base, et d'autre part, permettre à la matière ajoutée de s'encaster efficacement sur les côtés et au sommet. La partie à réparer devra être humidifiée sans ruissellement, avant d'être comblé avec des blocs d'adobes ou des blocs de terre comprimés (BTC). Enfin, et pour homogénéiser la surface du mur, un enduit peut être appliqué. Cependant, il faut penser à ce que la réparation ne perturbe pas la descente des charges.

<sup>197</sup> Moriset S, Misse A. Rénover et construire en pisé. Une réalisation du parc national Livradois-Forez, en collaboration avec CRATerre, 2011. Téléchargé en Septembre 2012. p. 12.

<sup>198</sup> Idem. p. 14.



**Figure IV.16 :** Principe de réparation d'une cavité à l'aide de blocs de terre comprimée. (Source : Moriset S).

## II.1.6. Réparer les fissures et décolllements de l'enduit

### II.1.6.1. Remplacer un enduit au ciment

Les enduits épais à base de ciment doivent être enlevés et remplacés par des enduits qui laisse le mur respirer. L'opération consiste à décroûter le mur, le laisser plusieurs jours voir plusieurs semaines à l'air libre pour sécher en profondeur avant d'effectuer les réparations et de l'enduire à nouveau avec un enduit de terre ou de chaux<sup>199</sup>.

### II.1.6.2. Réparer un enduit de terre et de chaux

L'intervention consiste à décoller toute la partie de l'enduit endommagée, il est recommandé de dépasser de quelques centimètres les limites des surfaces endommagées. Ces dernières doivent être nettoyées, dépoussiérées et humidifiées et pour finir réappliquer un nouvel enduit (terre ou chaux). L'opération nécessite de raccorder les surfaces nouvelles au même niveau que les surfaces anciennes existantes, en s'appliquant à retrouver la même texture en surface et laisser sécher dans les meilleurs conditions<sup>200</sup>. Dans tous les cas, il est conseillé de faire des essais avant d'appliquer de grandes surfaces d'enduit. Lors de la réfection de l'enduit, à ne pas faire d'arête à angle droit, mais plutôt à pan coupé afin de réduire les surcharges d'enduit et d'éviter la fragilité d'un angle droit<sup>201</sup>.

<sup>199</sup> Moriset S, Misse A. Ope. Cite. p. 17.

<sup>200</sup> Corpus-Levant. Architecture traditionnelle méditerranéenne. Avec le soutien de Euro-Med Heritage. Ecole d'Avignon, 2004. Téléchargé en Juillet 2011. [http://www.meda-corpus.net/libros/pdf\\_fiches/liban\\_frn/rehab/3-02%20FR.pdf](http://www.meda-corpus.net/libros/pdf_fiches/liban_frn/rehab/3-02%20FR.pdf).

<sup>201</sup> Jeannet J, Pignal B, Scarato P. Ope. Cite. p. 36.

### II.1.6.3. Traiter les efflorescences

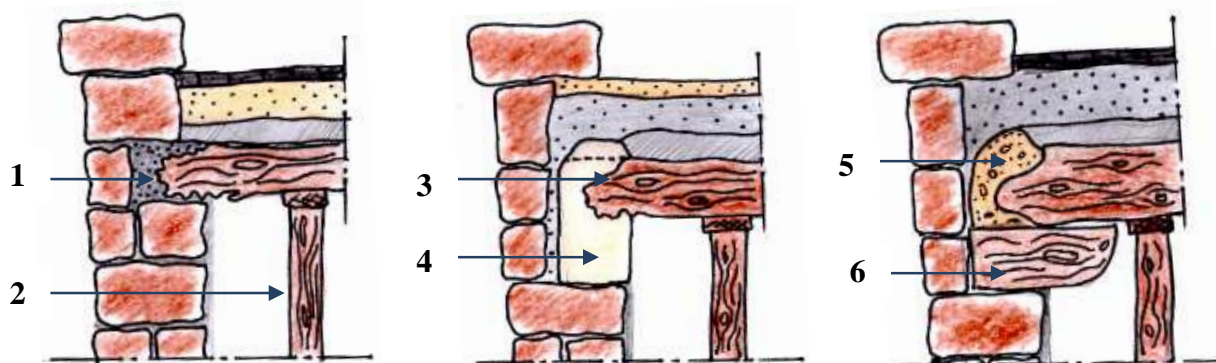
La lutte contre les efflorescences passe d'abord par le traitement de l'humidité capillaire ensuite, on applique un enduit qu'on renouvelle à intervalle de temps régulier au fil des altérations, jusqu'à disparition du phénomène. C'est ce qu'on appelle « enduit sacrifié »<sup>202</sup>.

### II.1.7. Interventions sur les planchers

#### II.1.7.1. Réparer un appui de plancher au niveau du mur

Cette technique est utilisée dans le cas où seul l'appui est abîmé et se résume comme suit :

- Etayer la poutre pourrie à l'appui ;
- Dégager soigneusement les briques autour de l'encastrement ;
- Nettoyer le bois pourri jusqu'au bois sain. Dépoussiérer l'extrémité après nettoyage ;
- Encastrer et seller dans la maçonnerie du mur un corbeau en bois sain au dessous de la poutrelle qui servira de nouveau support et doit dépasser la partie pourrie de la poutrelle ;
- Combler l'extrémité pourrie de la poutre par un mortier de chaux hydraulique ;
- Une pièce en bois peut remplacer la partie endommagée. Les deux pièces seront attachées par des plaques en acier boulonnées.



1-Pourriture de la poutre en bois ; 2- Etalement ; 3- Nettoyage ; 4- Dégagement autour du bois ; 5- Mortier de chaux ; 6- Corbeau en bois.

**Figure IV.17** : Descriptif de la méthode de réparation d'un appui de plancher.  
(Source : Reconstitution personnelle à base du dessin de Corpus-Levant).

<sup>202</sup> Jeannet J, Pignal B, Scarato P. Ope. Cite. p. 38.

### II.1.7.2. Poser un montant intermédiaire<sup>203</sup>

La solution consiste à réduire les tensions de flexion et les déformations dues aux fluages du bois. Pour cela, on emploie des poutres en bois, disposées en travers de la poutre à renforcer. Cependant, pour garantir de bonnes conditions d'appui pour le montant, il faut, soit monté des murs perpendiculairement aux murs porteurs dont la résistance a affaibli, ou à défaut, des piliers spécifiques avec une bonne assise sur le terrain pour pouvoir lui transférer les charges correctement.



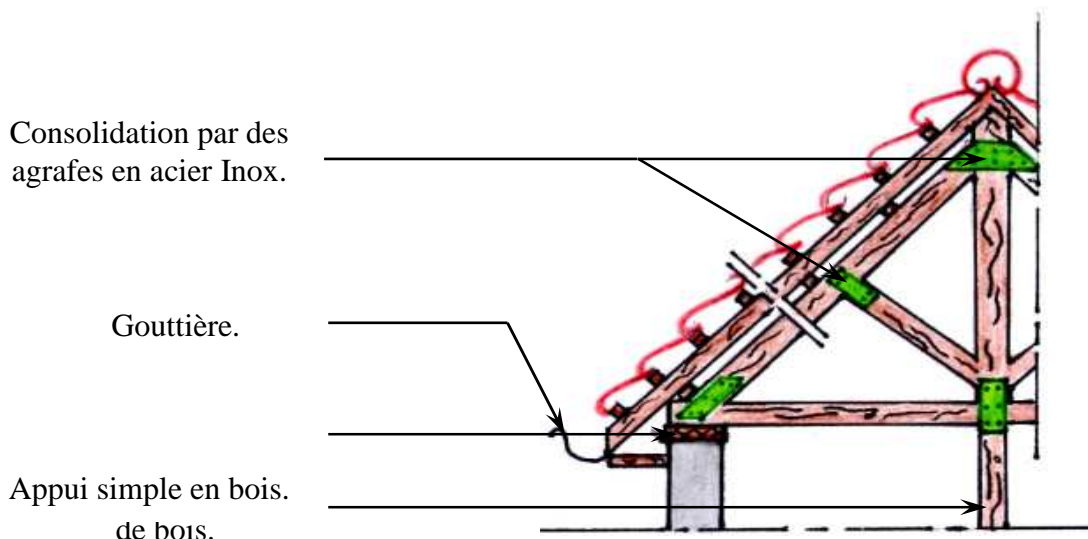
**Photo IV.4 :** Ajout d'un montant en bois, Témacine (Source : Auteur).

### II.1.8. Interventions sur les toitures

En général, il est conseillé de remplacer les toitures détériorées, toutefois, on peut procéder à leur consolidation lorsque leur état général le permet. Parmi les interventions à entreprendre nous pouvons citer :

#### II.1.8.1. Le contrôle des assemblages

Il consiste à renforcer toutes les liaisons entre les pièces de bois de la charpente avec des pièces métalliques (cornières).



**Figure IV.18 :** Réparer les défauts d'assemblage de la charpente. (Source : Corpus-Levant)

<sup>203</sup> Diaz gomez C. Ope. Cite. p 305.

### **II.1.8.2. L'ajout de panne**

On peut renforcer la charpente à l'aide de pannes supplémentaires pour essayer de reprendre les poussées et les ramener dans un plan plus vertical.

### **II.1.8.3. Nettoyage et remplacement des éléments défectueux**

L'intervention consiste à remplacer les éléments de la toiture ayant subis des détériorations (remplacement des tuiles brisées), dans le but de stopper toute infiltration d'eau de pluie. Il faudra également, procéder au nettoyage des surfaces de toit envahis par les mousses par la pulvérisation d'un produit herbicide.

### **II.1.8.4. Réparer une toiture plate en terre**

L'humidité est le facteur principal dans la dégradation des toitures en terre. Son exposition aux intempéries favorise la dégradation de l'enduit, entraîne l'infiltration des eaux de pluie à l'intérieur, ce qui provoque le déséquilibre statique de l'ensemble structurel. Remédier à ces désordres consiste à améliorer l'étanchéité de la toiture par la réparation de l'acrotère, l'ajustement de la surface de la toiture en assurant une forme de pente vers les gouttières, pour évacuer les eaux pluviales. Prévoir une couche de feutre bitumé pour améliorer son étanchéité, combler les fissures et couvrir la terrasse avec un nouveau mortier de chaux.

## **II.1.9. Intervention sur les ouvertures**

Rappelons-nous, les dommages affectant les ouvertures peuvent provenir de la mauvaise mise en œuvre des montants, de l'affaiblissement de la base sur laquelle repose l'ouverture ou plus encore de l'obsolescence des matériaux utilisés (pourriture du bois, corrosion de la ferronnerie...). Dans ce cas, la réhabilitation implique des opérations ponctuelles et le remplacement de certaines parties. Quoi qu'il en soit, ces opérations doivent être effectuées à l'issue d'un étaielement préalable afin de garantir la stabilité de la structure située au dessus, et ce durant toute la durée de l'intervention.

### **II.1.9.1. Traitement de la menuiserie**

Il s'agit d'appliquer sur la menuiserie un produit de protection, l'opération comporte deux parties à savoir : la réparation du support et la mise en peinture et éventuellement, l'application d'un produit contre les insectes<sup>204</sup>. Après brossage et nettoyage du bois, on procède on traitement contre les insectes en appliquant un insecticide (refaire l'opération

---

<sup>204</sup> Corpus-Levant. Ope. Cite. [http://www.meda-corpus.net/libros/pdf\\_fiches/liban\\_frn/rehab/4-03%20FR.pdf](http://www.meda-corpus.net/libros/pdf_fiches/liban_frn/rehab/4-03%20FR.pdf)  
. Téléchargé en Juillet 2011.

plusieurs fois), et on termine par une mise en peinture en optant pour les lasures<sup>205</sup> qui traitent le bois contre les insectes et l'humidité, et surtout bannir le vernis car il ne laisse pas le bois respirer. L'application se fait par couche mince et régulière.

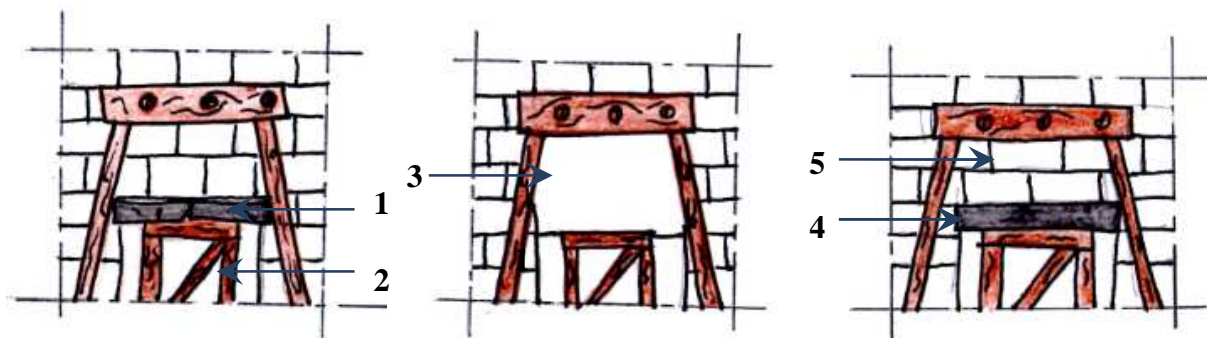
### II.1.9.2. Le masticage des vitres

Cette opération assure la bonne tenue des vitres dans le bois, pour cela, il faut les refaire dès que l'on observe une dégradation.

### II.1.9.3. Remplacement d'un linteau

Si suite à un diagnostic, une pathologie au niveau du linteau (pourrissement du bois...) est constatée et que son remplacement est inévitable, dans ce cas les étapes à suivre sont<sup>206</sup> :

- ✓ Etalement de la maçonnerie au dessus du linteau ;
- ✓ Déposer quelques assises au dessus du linteau ;
- ✓ Déposer le linteau détérioré ;
- ✓ Préparer un linteau en bois plus résistant et de plus grandes dimensions ;
- ✓ Monter soigneusement le nouveau linteau, lier les appuis avec un mortier de chaux ;
- ✓ Reconstruire l'assise des briques démontées.



1. Linteau brisé ; 2. Etalement ; 3. Dégagement du linteau et de deux assises de briques ; 4. Remplacement du linteau ; 5. Reconstruction des briques déposées.

**Figure IV.19** : Méthode pour remplacer un linteau. (Source : Reconstitution personnelle à base du dessin de Corpus-Levant).

<sup>205</sup> Moriset S, Misse A. Ope. Cite. p. 13.

<sup>206</sup> Corpus-Levant. Ope. Cite. [http://www.meda-corpus.net/libros/pdf\\_fiches/liban\\_frn/rehab/1-15%20FR.pdf](http://www.meda-corpus.net/libros/pdf_fiches/liban_frn/rehab/1-15%20FR.pdf). Téléchargé en Juillet 2011.

### II.1.9.4. Percement d'une ouverture

Le percement d'une ouverture est une opération très délicate<sup>207</sup>, qui requiert un savoir-faire et une bonne connaissance du système structurel de la construction. En effet, un percement modifie la descente des charges, crée un point de fragilité au sein du mur propice aux fissures. Pour cela, et avant d'entamer les travaux, quelques recommandations d'ordre structurelles sont à suivre : limiter la largeur de toutes les ouvertures à 1/3 de la longueur du mur<sup>208</sup> et placer les ouvertures loin des angles et jamais sous un appui de charpente.



**Photo IV.5:** Percement d'une porte dans un mur en pisé. (Source : Moriset S)

Une fois on a marqué l'emplacement de l'ouverture, le mur est creusé sur la moitié de son épaisseur, à ce moment là, on installe les jambages et le linteau en prenant le soin de bien les ancrés dans le mur. Une fois cette phase est terminée, on passe au percement de la deuxième moitié du mur selon le même principe. Les reprises du mur autour de l'ouverture peuvent être masquées par un enduit réalisé avec la terre récupérée lors du percement.

### II.1.10. Interventions sur les arcs, les voûtes et les coupoles

Les solutions applicables à la consolidation des planchers (tirants, chainages...) peuvent également être utilisées pour la consolidation des arcs et des voûtes. La photo IV.6 prise à Ksar Témacine, illustre la mise en place d'un tirant métallique pour remédier à l'écartement des colonnes de l'arc.



**Photo IV.6 :** Consolidation de la voûte par un tirant métallique, Témacine (Source : Auteur)

En ce qui concerne les coupoles, si les fissures sont superficielles, un simple entretien suffit. Pour cela, il faut reprendre l'enduit de terre et appliquer par-dessus un badigeon de chaux protecteur contre les intempéries. En revanche, si les fissures sont profondes et que l'on a constaté un effondrement partiel, dans ce cas, on procède à une

<sup>207</sup> Moriset S, Misse A. Ope. Cite. p. 13.

<sup>208</sup> Houben H, Guillaud H. Traité de construction. Ope. Cite. p. 268.

réfection de la coupole. Il s'agit, de démonter et de remplacer la partie abîmée, selon le même procédé pour une nouvelle construction.

### II.1.11. Intégration des nouvelles installations et les nouveaux équipements

Vivre dans une maison en terre ne signifie pas renoncer au confort de la modernité : l'électricité, l'eau courante, le gaz..., mais plutôt, il faut savoir les adaptés et les intégrés le plus savamment possible. Nous voulons dire par là, les intégrés sans pour autant perturber l'espace intérieur, ni porter atteinte à son caractère architectural et patrimonial<sup>209</sup>.

- ✓ L'électricité : réaliser des gaines techniques dans des endroits peu visibles (au niveau du sol, au niveau du plafond) pour cacher les circuits ;
- ✓ Le gaz : assurer une ventilation pour éviter des concentrations accidentelles de gaz ;
- ✓ La plomberie : toute eau doit être cheminée à l'extérieur de la maison à l'écart des fondations. Le réseau de plomberie doit être centralisé pour faciliter le contrôle et l'entretien. Munir la cuisine, les sanitaires et la salle de bain avec des siphons de sol, avec une pente de drainage suffisante. Séparer, plus particulièrement, les équipements du type douche des murs de terre<sup>210</sup> ;
- ✓ L'assainissement : le traitement des eaux usées est un élément très important dans les travaux de réhabilitation d'une maison en terre. Il faut veiller aux raccordements des conduites au réseau de collecte principal<sup>211</sup>.

### II.1.12. Techniques de réhabilitation en zones sismique

La réalité du terrain nous a appris que, malheureusement, rare sont les constructions en terre situées en zone sismique obéit dans leur conception aux principes de conception parasismique. D'une manière très résumée, les principes de conception parasismique peuvent être présentés comme suit<sup>212</sup> :

- ✓ Simplicité et continuité de la construction ;
- ✓ Symétrie ou régularité en plan et régularité en élévation ;
- ✓ Bonne répartition des charges et surcharges ;
- ✓ Bonne raideur torsionnelle ;

<sup>209</sup> Corpus-Levant. Ope. Cite. [http://www.meda-corpus.net/libros/pdf\\_fiches/liban\\_frn/rehab/6-01%20FR.pdf](http://www.meda-corpus.net/libros/pdf_fiches/liban_frn/rehab/6-01%20FR.pdf)

<sup>210</sup> Houben H, Guillaud H. Traité de construction. Ope. Cite. p. 296.

<sup>211</sup> Jeannet J, Pignal B, Scarato P. Ope. Cite. p. 48.

<sup>212</sup> Debache S et al. Techniques modernes et constructions traditionnelles compatibilité ou dissociation. <http://www.umc.edu.dz/vf/images/patrimoine/axe3/DEBACHE-ARTICLE.pdf>.

- ✓ Consistance des éléments plans horizontaux (planchers) ;
- ✓ Adaptation au site.

En effet, et comme nous l'avons signalé dans le chapitre précédent, si ces principes font défaut il n'est pas étonnant que les constructions en terre aient subies des dégradations importantes allant jusqu'à l'effondrement total. Ces dégradations, pour beaucoup d'entre elles, sont dues à de nombreuses malfaçons, à un entretien déficient, à l'insuffisance des liaisons entre les différents éléments et la faiblesse des éléments porteurs.

Cependant, nous signalons que les remèdes à ces pathologies ne garantissent en aucun cas une parfaite et totale protection des bâtiments, mais au moins, elles limitent l'ensemble des dégâts et évitent l'effondrement des constructions. Pour ce fait, la stratégie d'action à mettre en œuvre consiste à<sup>213</sup> :

- ✓ Assurer un chaînage au niveau bas et haut pour une bonne transmission des efforts ;
- ✓ Ajouter des dispositifs horizontaux et verticaux en bois sous forme d'armature qui augmente la résistance à la traction et à la flexion ;
- ✓ Utiliser un mortier de bonne qualité qui accroît la résistance au séisme. Dans ce cas, il est préférable de privilégier un mortier de terre stabilisé à un mortier de terre simple de faible résistance sujet à retrait et à microfissurations ;

Cela étant dit, si nous partons de l'idée que la dégradation due au séisme est inévitable, ceci rend la conception parasismique, aussi, inévitable. Dès lors, toute maison doit obéir à un ensemble de principes de constructions pour résister aux séismes. Dans ce contexte, CRATerre parle de la maison en forme de cube comme étant le principe de base pour garantir la résistance au séisme. Le schéma suivant explique les étapes techniques et structurelles nécessaires pour une maison capable de faire face aux pressions sismiques.

---

<sup>213</sup> Houben H, Guillaud H. Traité de construction. Ope. Cite. p. 314-315.

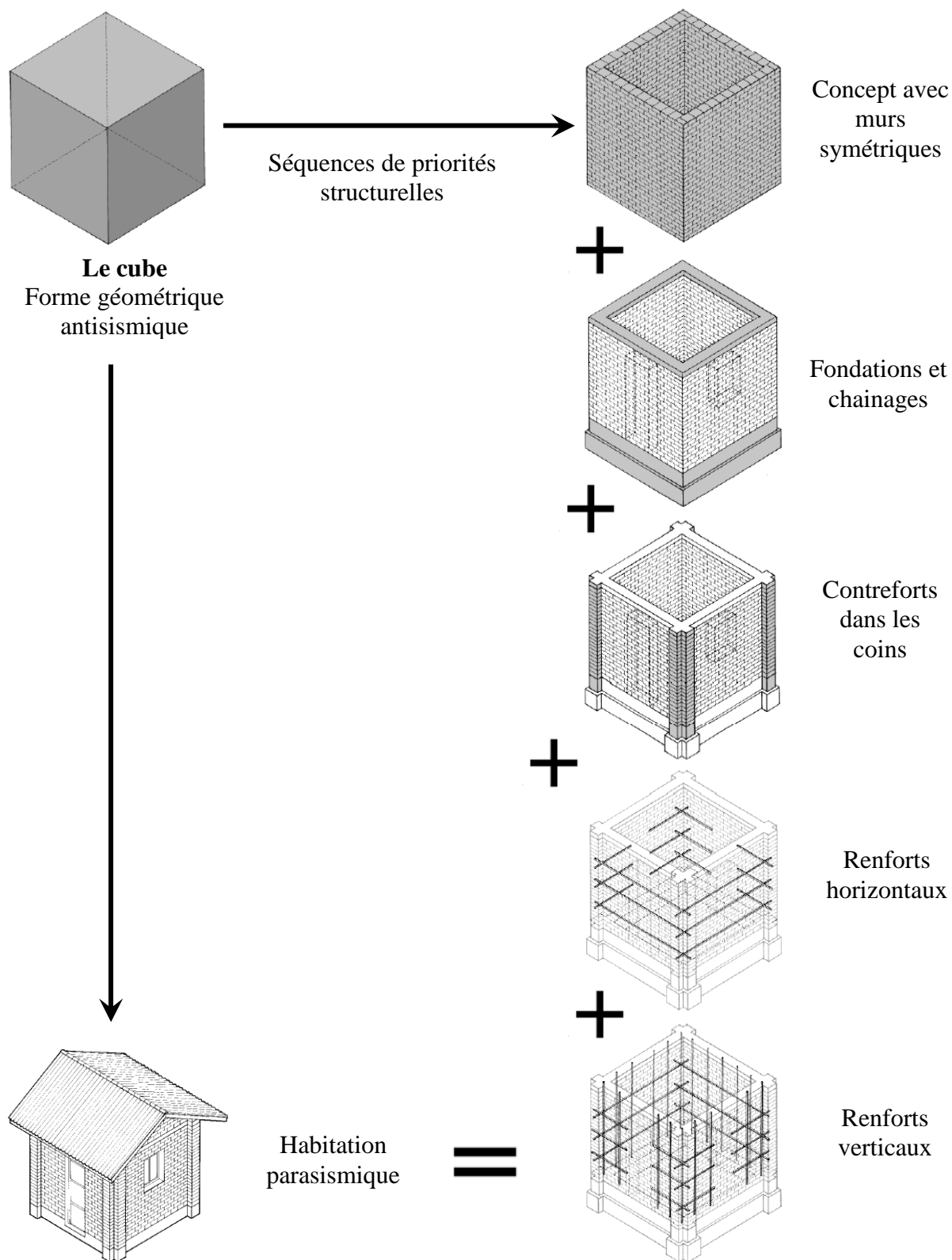
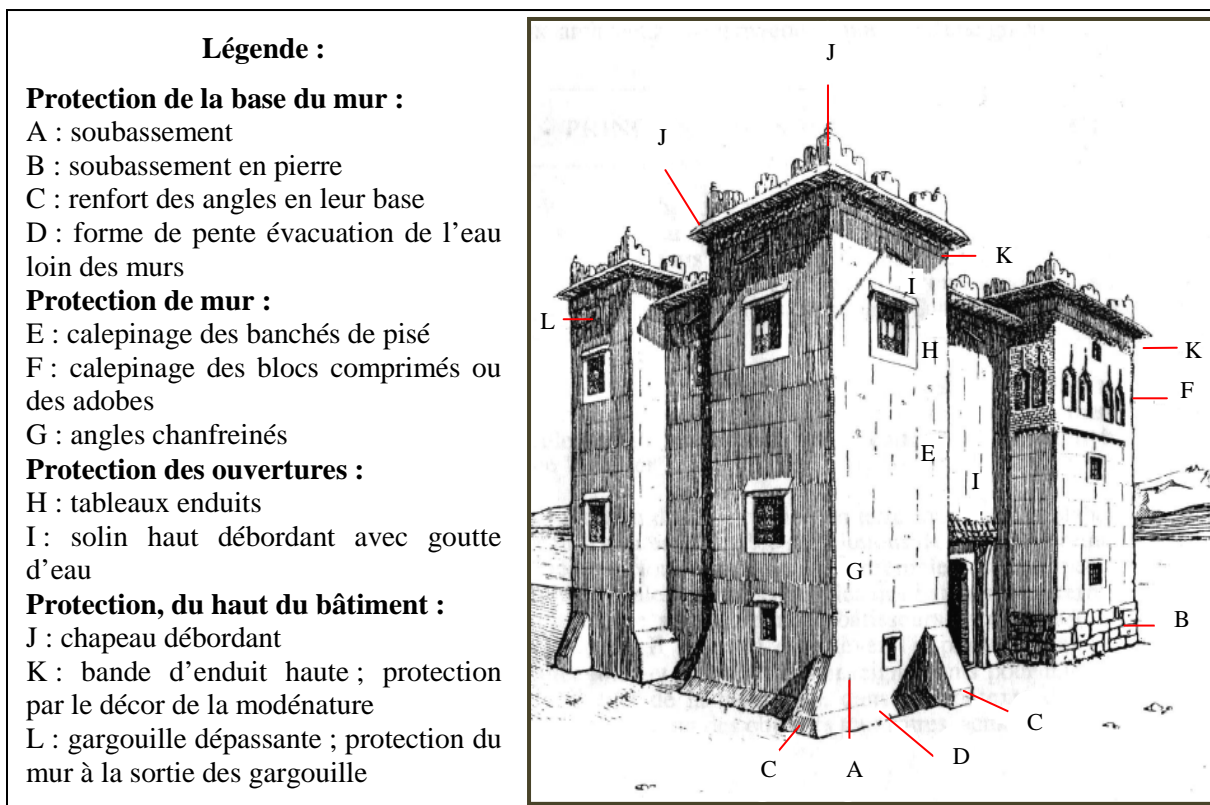


Figure IV.20 : Principes de conception d'une maison parasismique.  
(Source : CRATerre)

### II.1.13. Les principes de bonne conception architecturale

Une malfaçon dans la conception des maisons en terre, peut provoquer d'importants désordres. La figure IV.21 résume les principes de bonne conception afin de réduire ou même parfois, éliminer ces risques de pathologies. Ce sont des critères, qui, une fois réunis garantissent ou du moins assurent la durabilité de la construction en terre crue<sup>214</sup>.



**Figure IV.21 :** Schéma de bonne conception architecturale d'un bâtiment en terre (Source : CRATerre)

Une maison en terre nécessite :

- Une surélévation par rapport au niveau du sol pour la mettre hors des remontées des eaux capillaires ;
- Une toiture débordante pour protéger les murs des rejaillissements des eaux de pluie ;
- Renforcement des angles ;
- Protection des ouvertures par un tableau enduits et linteau solide ;
- Un entretien fréquent et régulier de l'enduit, des canalisations et de la toiture.

<sup>214</sup> Kbaili N. Ope. Cite. p. 29.



**Photo IV.7 :** Protection d'un mur en pisé par un soubassement de pierre, Beni Yenni (Source : Auteur)



**Photo IV.8 :** Protection du haut du mur par une toiture débordante, Maatkas (Source : Auteur)

### Conclusion

*La réhabilitation du patrimoine bâti en terre doit nécessairement se baser sur la compatibilité des techniques issues des traditions locales et les techniques contemporaines. Au cours ce chapitre, les techniques que nous avons proposés se concentrent sur l'élimination de toute source d'eau nuisible à la construction, la récupération du caractère monolithique des murs, la consolidation des murs au niveau des angles et aussi sur l'utilisation d'éléments de réduction des pressions horizontales.*

*On dit que pour une maison en terre crue, il faut un bon chapeau et de bonnes bottes. Le chapeau c'est la toiture qui déborde, les bottes, le soubassement en pierre. Ce dernier doit dépasser le niveau du sol afin que les eaux de ruissellement et/ou d'infiltration n'atteignent pas le mur en terre. Un drainage autour de la structure est, également, indispensable.*

*Ajoutons à cela les recommandations suivantes :*

- *Résoudre les problèmes à la source ;*
- *Choisir des matériaux compatibles avec le matériau terre. Eviter l'utilisation de matériaux rigides ;*
- *Ne jamais s'opposer à la respiration des murs en terre, en les enfermant dans des enduits étanches ;*
- *Penser à ventiler les maisons en terre de façon régulière ;*
- *Et pour finir, faire appel à des artisans et des professionnels du bâti ancien.*

CONCLUSION GENERALE

## CONCLUSION GENERALE

L'idée de réaliser un guide technique de réhabilitation du patrimoine architectural en terre en Algérie est née de la prise de conscience des dangers qui menacent ce patrimoine. De ce fait, l'objectif est d'élaborer une base « scientifique » qui permet une intervention en adéquation avec ce patrimoine, tout en respectant ses caractéristiques architecturales et patrimoniales.

Pourquoi l'architecture de terre ? C'est, d'une part, pour les valeurs qu'elle véhicule ; qu'elles soient historiques ou esthétiques, et d'une autre part, aux atouts du matériau terre lui-même, à savoir : son abondance, son inertie thermique, sa capacité à réguler l'hygrométrie de l'espace intérieur. Mais aussi, au fait que l'architecture de terre est en phase avec les enjeux écologiques et économiques. En effet, Anger R (2011) l'explique parfaitement en disant que « *ce matériau prêt à construire, favorise le développement local en mettant en valeur la culture et les savoirs locaux tout en étant créateur d'emploi et de richesse* ». Donc, revenir à une architecture traditionnelle dont l'architecture en terre est une voie à considérer sérieusement, car elle peut s'avérer comme une alternative aux constructions modernes, grandes consommatrices d'énergie.

Le guide technique de réhabilitation ressemble à un manuel conçu comme un répertoire détaillé des éléments de la construction traditionnelle, mais aussi un répertoire des défauts et des conséquences à éviter lors des interventions de conservation. Autrement dit, c'est un condensé des règles de l'art de bâtir concernant un mode de construction spécifique, mais aussi des procédés de réparations et d'améliorations des éléments constructifs. Son objectif est la conservation et la mise en valeur du patrimoine historique bâti.

Son mode opératoire consiste en une méthodologie basée sur un diagnostic de l'état de conservation du bâti, afin d'aborder la réhabilitation de manière plus correcte. D'ailleurs, c'est la méthodologie que nous nous sommes forcés de suivre pour l'élaboration de ce guide concernant l'architecture de terre en Algérie.

De tous les procédés de construction utilisant les ressources de la terre crue, en Algérie nous distinguons deux principaux procédés. L'un, est la brique de terre crue, très utilisé au sud du pays. L'autre, est le pisé très répandu au nord. Le résultat en est une variété typologiques à savoir : des murs porteurs fait de pisé ou de brique de terre crue séchées au soleil, le tout enduit au mortier de chaux, de timchent ou d'argile ; des planchers en bois avec un remplissage en terre et des toitures en tuile ou tout simplement des terrasses couvertes de

terre et d'argile. Auxquels s'ajoutent des éléments de traitement tels que les arcs, les voutes et les coupes.

Cependant, l'ennemi redoutable des constructions en terre est « l'eau ». Elle est pratiquement à l'origine de toutes les dégradations. Ces dernières sont dues à des actions physico-chimiques causant des efflorescences, des moisissures..., et à des actions mécaniques causant des effondrements, des fissurations, des gites... les matériaux se dégradent suite à la conjugaison de divers facteurs, notamment l'humidité, les aléas climatiques et les séismes.

Une fois les causes de dégradations sont définies et analysées, il convient par la suite d'établir, en fonction de chacune d'elles des propositions de techniques de réhabilitation et de protection visant à en limiter ou mieux à en supprimer les effets. Justement, le quatrième chapitre apporte une réponse quant aux méthodes et aux techniques à employer. Ci-après, quelques unes d'elles :

- Mise hors d'eau de la construction en protégeant les murs avec un soubassement de pierre ;
- L'installation de drain périphérique intérieur et extérieur ;
- L'assèchement des murs par la mise en place d'une barrière étanche à la base des murs ;
- Toiture débordante pour protéger les murs des rejaillissements des eaux de pluies ;
- Renforcement des angles par des chaînages en bois horizontaux et verticaux ;
- Consolidation avec des contreforts dans les coins ;
- La reprise des fondations dans le cas où celles-ci sont endommagées.

Ceci dit, chose à ne pas oublier est que la réhabilitation de toute construction en terre crue est conditionnée par le respect de l'intégrité physique, constructive et formelle du bâti existant. Nous résumons dans ce qui suit les règles générales de bonne conduite qui garantissent la réussite de l'opération de réhabilitation :

- ✓ Un diagnostic approfondi, afin de comprendre les causes de dégradations, soit des pathologies liées à l'action de l'eau (l'humidité) ou bien des pathologies structurelles (fissures, tassements différentiels du terrain), pour enfin pouvoir proposer des solutions adéquates à chaque cas de figure ;

- ✓ Une connaissance des matériaux utilisés afin d'assurer la compatibilité physico-chimique entre les parties anciennes et nouvelles. L'objectif majeur est surtout, celui de préserver l'authenticité des matériaux de constructions. Dans notre cas, des analyses en laboratoire et in-situ permettent de déterminer la bonne terre adaptée à la technique employée, ainsi que le bon dosage des enduits ;
- ✓ L'utilisation de mortiers et enduits perméables à la vapeur d'eau. L'usage du ciment est à proscrire ;
- ✓ Adopter des mesures préventives visant à éviter des pathologies éventuelles : étanchéité des terrasses, drainage des eaux (les maisons en terre crue ne font pas bon ménage avec l'eau)...
- ✓ Eviter l'utilisation de techniques ou de matériaux irréversibles qui risquent d'engendrer des comportements structurelles contradictoire avec les structures en terre ;
- ✓ Veiller à entretenir régulièrement tout les éléments et les composants structurels de la construction.

La réalisation de ce guide technique de réhabilitation constitue la réponse à notre problématique. Néanmoins, le succès de cet outil est tributaire de la responsabilité des citoyens et des autorités public.

Cependant, nous nous prétendons point présenter un travail sans faille ni même avoir clarifié dans les détails tous ce qui se rattachent à cette problématique, car tout travail de recherche comporte une part d'insuffisance, que ce soit dans la collecte des informations ou dans leur traitement.

Le travail le plus ardu à effectuer était celui de sillonner tous le territoire algérien dans le but de réaliser un inventaire détaillé et de ce fait, un guide technique de réhabilitation spécifique à chaque région. Bien que nous n'avons pas pu aller jusque là, nous avons essayé de nous rapprocher le plus possible de la réalité et de nos objectifs fixés.

ELEMENTS BIBLIOGRAPHIQUES

## Ouvrage

- 1- Agence Nationale pour l'Amélioration de l'Habitat (ANAH). Réhabiliter et entretenir un immeuble ancien point par point : diagnostics et démarches à entreprendre : treize exemples de techniques de réhabilitation, visites et contrats d'entretien. Le Moniteur. Paris 1993.
- 2- ADAM J-P, FRIZOT M. Dégradation et restauration de l'architecture pompéienne. Institut de la recherche sur l'architecture antique. Editions du Centre National de la Recherche Scientifique, 1983.
- 3- ANIL A. Bâtir en terre : le potentiel des matériaux à base de terre pour l'habitat du tiers monde. Editions I. i. développement. Londres, 1981.
- 4- Bureau Veritas. Guide Veritas du bâtiment. Editions le Moniteur 1988.
- 5- BARET Y. Restaurer sa maison : guide d'intervention sur le bâti ancien. Editions Eyrolles. 2006.
- 6- BARET Y. Traiter l'humidité : comprendre, diagnostiquer, évacuer, prévenir. Chantiers pratiques, éditions Eyrolles. France, 2007.
- 7- BERGERON A. La rénovation des bâtiments. Les presses de l'université Laval. Collège du vieux Montréal. 2006.
- 8- CHOAY F, MERLIN P. Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement. Edition PUF. 1988.
- 9- COIGNET J. Réhabilitation : arts de bâtir traditionnel connaissance et techniques, Aix-en-provence. Edition EDISUD, 1987.
- 10- COIGNET J. La maison ancienne : construction, diagnostic, interventions. Edition Eyrolles. Paris, 2006.
- 11- COLLOMBET R, Agence Nationale pour l'Amélioration de l'Habitat. L'humidité des bâtiments anciens : causes et effets, diagnostic et remèdes. Editions Moniteur. Paris, 1989.
- 12- COSTES J. Le plâtre traditionnel et moderne. 3<sup>ème</sup> éd. Edition Eyrolles. Paris, 1981.
- 13- CARRIE C, MOREL D. Salissures de façades. Edition Eyrolles. Paris, 1975.
- 14- CHAZELLES C-A, KLEIN A, POUSTHOMIS N. Les cultures constructives de la brique crue. Echanges transdisciplinaires, Volume 3. Editions de l'Espérou. Toulouse, 2011.
- 15- DETHIER J. Des architectures de terre ou l'avenir d'une tradition millénaire. Edition CGP. Paris, 1986.
- 16- DOAT. P, HAYS. A, HOUBEN.G, MATUK.S, VITOUX.F. Construire en terre (CRATerre). Édition L'Harmattan, 3<sup>ème</sup> éd, Paris. 1995.
- 17- DONNADIEU P. Habiter le désert : les maisons mozabites. Collection Architecture+Recherche, éditions Pierre Mardaga, 2001.
- 18- DUQUOC B. Entretien sa maison en 10 leçons, « chantiers pratiques ». Editions Eyrolles, 2006.
- 19- Ecole d'Avignon. Architecture traditionnelle méditerranéenne. Edition projet MED-EUROMED. France, 2002.

- 20-ENGUEHARD H. Pour restaurer les maisons anciennes. Editions Cheminements, 1981.
- 21-FONTAINE L, ANGER R. Bâtir en terre : du grain de sable à l'architecture. Editions Belin/ Cité des sciences et d'industries. France, 2009.
- 22-FROIDEVAUX Y-M. Des architectures anciennes : construction et restauration. 3<sup>ème</sup> éd. Edition Pierre Mardaga. Paris, 1985.
- 23-GUIDANI S. Architecture vernaculaire : territoire, habitat et activités productives. 1<sup>ère</sup> éd. Edition Presses polytechniques et universitaires romandes. Suisse, 1990.
- 24-HOUBEN H, GUILLAUT, H. Traité de construction en terre. Edition Parenthèses, Marseille 1989.
- 25-HASSAN F. Construire avec le peuple. Edition J. Martineau. Paris, 1970.
- 26-JACKY J, PIGNAL B. Blocs de terre crue : adobe, bloc comprimé, bloc extrudé. Edition Pisé, terre d'avenir. Pris, 2002.
- 27-JEANNET J, PIGNAL B, SCARATO P. Le bâti ancien : analyse, pathologie, remède. Pisé, terre d'avenir. Cahier technique n°2, 1996.
- 28-JEANNET.J, PIGNAL.B, POLLET .G, SCARATO.P ; Le pisé : patrimoine, restauration, technique d'avenir. Edition Créer. Nonnette, 1997.
- 29-JEANNET J, PIGNAL B, SCARATO P. Bâtir en pisé : technique, conception, réalisation. Pisé terre d'avenir. Cahier technique N°3, 1998.
- 30-JEMMA-GOUZON D. Villages de l'Aurès : Archives de pierre. Edition L'Harmattan. Paris, 1989.
- 31-KAHN L Y. Habitat : constructions traditionnelles et marginales. Edition Alternative et Parallèle. Californie, 1973.
- 32-KOMAR A. Matériaux et éléments de construction. Edition MR. Moscou, 1978.
- 33-MARGARITAT T. construire et rénover la charpente et la toiture. Editions Eyrolles, 1982.
- 34-PASCALE J. La réhabilitation des bâtiments : conserver, améliorer, restructurer les logements et les équipements. Le Moniteur. Paris 1999.
- 35-PERRET J. Guide de la maintenance des bâtiments. Editions le Moniteur, 1988.
- 36-PIGNAL B. Terre crue : techniques de construction et de restauration. Editions Eyrolles, 2005.
- 37-PINAL O. Actualité des architectures de terre en Tunisie. Edition Contries, Belgique. 1983.
- 38-RAVEREAU A. Le M'zab : une leçon d'architecture. 2<sup>ème</sup> éd. Editions Sindbad. Paris, 1981.
- 39-Réunion d'Ingénieurs. Matériaux de constructions. 2<sup>ème</sup> éd. Edition Eyrolles. Paris, 1972.
- 40-RICKLEFS E, MILLER.G. Ecologie. Edition Boeck ET Larcier. Bruxelles. 2005.
- 41-. ROCHE M. Le M'Zab: cité millénaires du Sahara. Edition Communication. France, 2003.

- 42-SALVADORI M, METTHYS L. Pourquoi ça tombe. Collection Eupalinos. Editions Parenthèses, 2009.
- 43-SOCOTEC. Les désordres dans le bâtiment, 270 solutions pour les éviter. 2<sup>ème</sup> éd. Edition Le Moniteur. Paris, 2005.
- 44-STEPHANT J-P. Caractéristiques techniques : La maintenance du patrimoine bâti, optimiser la gestion technique des bâtiments publics. Collections les classeurs. Editions Territorial, 2010.
- 45-ZARHOUNI S, GUILLAUD H. l'architecture de terre au Maroc. Edition ACR, 2001.

### **Mémoires et thèses**

- 46-AIT KADI S. Performances thermiques du matériau terre par un habitat durable des régions arides et semi-arides : cas de Timimoune. Mémoire de magister. UMMTO, 2012.
- 47-ALLICHE S. La formalisation comme outil d'identification d'un procédé constructif, cas d'étude : Le tapia (pisé) de Cherchell. Mémoire de magister, option : patrimoines architectural et urbain. EPAU, 2012.
- 48-AMMAR N. Amélioration de la durabilité de la brique séchée. Mémoire de magister, dirigé par Bencheikh. Département de génie civil, université de M'sila, 2008.
- 49-BALOUL N. Conservation et valorisation du patrimoine architectural en terre de la région du Twat-Gourara : cas du ksar Tmassekht. Mémoire de magistère. Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou. 2007.
- 50-BARRO D. Monographie historique et architecturale d'un site aurasien Mennaa. Mémoire de magister, sous la direction de M<sup>r</sup> Khelifa A. EPAU, 2011.
- 51-BELINGA NKO'O C. Etudes prospective pour le développement d'un habitat de qualité en adobe à Koudougou, Burkina Faso. Mémoire du DSA- architecture de terre. Grenoble, 2006.
- 52-BENAZZOUC K. sauvegarde du patrimoine culturel dans le contexte du développement durable : le cas de la ville de Bejaia. Mémoire de magister, sous la Direction de Mr Dahli M. UMMTO. 2009.
- 53-BENMESSAOUD S. Prospection pour l'introduction de la construction en matériaux locaux dans le secteur du logement à Tamanrasset. Mémoire pour l'obtention du Diplôme de spécialisation et d'approfondissement (DSA- terre), architecture de terre. Paris, 2006.
- 54-BOUAZIZ S. Elaboration d'un consensus de réhabilitation du patrimoine industriel pérennisant son authenticité dans le contexte algérien, cas des ateliers de maintenance S.N.T.F. EL-Hamma, Alger. Mémoire de magistère, dirigé par Mr Dahli M, UMMTO. 2011.
- 55-CHATLA O. Construire au Sahara. Mémoire pour l'obtention du diplôme de fin d'étude, encadré par Oussadoua. Institut d'Architecture. Université de Blida, 1991.
- 56-DALI A. Etude de valorisation du patrimoine architectural de terre, cas de Ksour dans le sud algérien. Mémoire de magistère. Université Mohammed kheider, Biskra. 2001.
- 57-DENIS M. Le matériau terre : compactage, comportement, application aux structures en blocs de terre. Thèse de doctorat, sous la direction de M.Laréal. Spécialité : Génie

- Civil : sols, matériaux, structures, physiques du bâtiment. Université de Lyon. France 1994.
- 58-FONTAINE L. Cohésion et comportement mécanique de la terre comme matériau de construction. Mémoire du Diplôme Propre aux Ecoles d'Architecture (DPEA-Terre). Grenoble. France. 2004.
- 59-KBAILI N. L'architecture de terre contemporaine en Algérie, évaluation post-occupation d'habitations rurales dans la région centre des hauts plateaux. Mémoire de magistère, dirigé par Pr. Bensalem R. EPAU. 2006.
- 60-LAOUAR DOUNIA. Les transformations spatio-formelles de l'habitat traditionnel vers un type auto-construit non planifié : cas du vieux Biskra. Mémoire de magistère, université Mohamed Khider, Biskra, 2008.
- 61-SOUKANE S. Préservation du patrimoine colonial (habitat) du 19<sup>ème</sup> 20<sup>ème</sup> siècle : Présentation d'un guide technique de réhabilitation, Mémoire de magister, Sous la direction de Mr DAHLI.M, UMMTO, Mai 2010.
- 62-ZAKRITI H. La gestion des sites du patrimoine mondial au Maroc : le cas du ksar Ait Ben Haddou. Mémoire diplômés propres aux écoles nationales supérieures d'architecture (DPEA), 2005.

### **Communications, publications**

- 62- ANGER R, FONTAINE L, JOFFROY T, RUIZ E. « Construire en terre, une autre voie pour loger la planète » in « revue Secteur privé et développement », revue n°10 : le ciment, entre responsabilité écologique et impératifs économiques. Revue PROPARCO, mai 2011.
- 63- ADAD. MC. « Les leçons de l'architecture traditionnelle », in séminaire international « Espace saharien et développement durable ». Université Mohammed Kheider, Biskra. 2000.
- 64- ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie). Guides et cahiers techniques : pré-diagnostic dans les bâtiments. Version 2007.
- 65-BERGER J, TASCAGUERNOUTI S, WOLOSZYN M, BUHE C. L'humidité dans les bâtiments : pathologies et paramètres gouvernants. XXX<sup>e</sup> Rencontres AUGC/IBPSA (Association Universitaire de Génie Civil/ the International Building Performance Simulation Association). Chambéry, 2012.
- 66-BERGERON A. La rénovation des bâtiments. Les presses de l'université Laval. Collège du vieux Montréal. 2006.
- 67-CARAZAS AEDO W. Architectures Natives. Editions CRATerre. Récupéré sur : Guide de construction en terre parasismique : <http://architecturesnatives.blogspot.com>.
- 68-CASANOVAS.X. Manuel pour la réhabilitation de la ville de Dellys. Euromed Heritage <http://www.euromedheritage.net>. Montada, 2012.
- 69-CHABI M, DAHLI M. Le ksar de Tafilelt dans la vallée du M'Zab. Une expérience urbaine entre tradition et modernité. Séminaire International « La conservation du patrimoine : Didactique et mise en pratique ». Laboratoire villes et patrimoines. Département d'Architecture et d'Urbanisme. Université Mentouri, 2009.
- 70- CHABI M, DAHLI M. Une nouvelle ville saharienne sur les traces de l'architecture traditionnelle. Séminaire International « La conservation du patrimoine : Didactique et

- mise en pratique ». Laboratoire villes et patrimoines. Département d'Architecture et d'Urbanisme. Université Mentouri, 2009.
- 71- CNERIB (Centre National d'Etudes et de Recherches Intégrées du Bâtiment). Recommandations pour la production et la mise en œuvre des bétons de terre stabilisée. Ministère de l'habitat et de l'urbanisme. Alger, 1988.
  - 72- CNERIB (Centre National d'Etudes et de Recherches Intégrées du Bâtiment). Guide technique du béton de terre stabilisée. Ministère de l'habitat et de l'urbanisme. Alger, 1993.
  - 73- Corpus Levant (EUROMED HERITAGE, MEDA, CORPUS). Architecture traditionnelle libanaise. 2004.
  - 74- CRATerre-EAG. Le bloc de terre comprimée : éléments de base. Editons GATE-Eschbom. Paris, 1991.
  - 75- CRATerre. Guide : blocs de terre comprimée, normes. Coéditions : CRATerre-EAG, CDI. Paris, 1998.
  - 76- CRATerre-ENSAG. Inventaire de l'architecture en terre. Programme du patrimoine mondial pour l'architecture de terre (WHEAP), 2012.
  - 77- DEBACHE S, MAHIMOUD A, SAIGHI W. Techniques modernes et constructions traditionnelles compatibilité ou dissociation. Université Mentouri de Constantine.
  - 78- DELAHOUSSE S. L'architecture de terre crue en mouvement en France et au Mali : regards croisés. Mémoire du BATIR : Bâti ancien technologies innovantes de Restauration. Université de Nantes, 2011.
  - 79- EZBAKHE H. Etude thermique de la terre stabilisée au ciment utilisée en construction au nord de Maroc. Revue énergie renouvelable, Journées thermiques. 2011.
  - 80- Guide à l'attention des collectivités locales africaines : patrimoine culturel et développement local. Edition CRATerre-ENSAG/ Convention France-UNESCO.
  - 81- . HASSAN F. Architecture Iranienne. Revue : Architectures d'Aujourd'hui. Editions G, Expansion. 1978.
  - 82- HOUBEN H. Guide : blocs de terre comprimée : équipements de production. Editions CRATerre, CDI. Paris, 1996.
  - 83- LE TIEC JM. Butterfly house. Ecole d'architecture de grenoble, CRATerre. France, 2005.  
<http://craterre.org/accueil:ressources/view/id/f091fc595d644dc71d0834176534695f>
  - 84- LETIEC J, PACCOUD G. Pisé H<sub>2</sub>O : de l'eau et des grains pour le renouveau du pisé en Rhônes Alpes. Editions CRATerre. Paris, 2006.
  - 85- MAKRI M. Projet GE12 : Construire en terre. Université de technologie Compiègne, 2008.
  - 86- MANIATIDIS V, WALKER P. A Review of Rammed Earth Construction. DTi Partners in Innovation project Developing Rammed Earth for UK Housing. Department of Architecture and Civil Engineering. University of Bath, May 2003.
  - 87- MONJO-CARRIO J. Le diagnostic dans la restauration. Les études pathologiques, in workshop PG patrimoine architectural et urbain, EPAU d'Alger, Janvier 2011.

- 88-MORISSET S, MISSE A. Rénover et construire en pisé. Une réalisation du parc national Livradois-Forez, en collaboration avec CRATerre, 2011.
- 89-NAFA C. Le relevé scientifique. Rapport de conférence in séminaire international « La conservation du patrimoine didactiques et mise en pratique ». Université Mentouri, Constantine. 2009.
- 90-NASRI Y, MEROUANI M. Le guide technique : un appui à la réhabilitation du vieux bâti constantinois. La quatrième Rencontre Internationale sur le Patrimoine Architectural Méditerranéen (RIPAM 4). Université de M'sila, Avril 2012.
- 91-OLIVIER M. Restauration des structures en terre crue en fonction de leur technologie de construction. Laboratoire Géomatériaux de l'ENTPE. EP du CNRS n° JO 160.
- 92-Parc National dans Marais du Cotentin et du Bassin. Restaurer son bâti en terre : diagnostiquer, réparer, reboucher, protéger et améliorer votre bâti en terre crue. Collection « Conseil ». 2010.
- 93-Réhabimed. Méthode Réhabimed : pour la réhabilitation de l'architecture traditionnelle méditerranéenne. Réhabimed. Aout 2005.
- 94-Réhabimed. Bulletin trimestriel du projet pour promouvoir la réhabilitation de l'architecture traditionnelle méditerranéenne. Avril 2006.
- 95-REICHEN B. les leçons de la reconversion, constructions d'hier, usages d'aujourd'hui, enjeux et problématique autour du patrimoine, 1998.
- 96-SEYSSEYRE S. Comment développer l'usage de la terre crue dans la production architecturale française ? Rapport d'étude, Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Lyon (ENSAL), 2009.
- 97-SIMON N, BERTRAND E. Rapport sur l'amélioration de l'habitat ancien. Editions Documentation Française. Paris, 1975.
- 98-SOUKANE S, DAHLI M. les grands axes d'un guide technique de réhabilitation des 19 ème et 20 ème siècles. Séminaire International « La conservation du patrimoine : Didactique et mise en pratique ». Laboratoire villes et patrimoines. Département d'Architecture et d'Urbanisme. Université Mentouri, 2009.
- 99-TEBBOUCHE H, BOUCHAIR A. L'évaluation environnementale qualitative du vieux bâti : Méthodes et outils. Rapport de conférence in colloque international « la question du vieux bâti existant, à considérer comme un capital à gérer ». Université Mentouri de Constantine. Mai 2011.
- 100- TORTAJADA MG. La tapia valenciana : una técnica constructiva poco conocida. Actas del Primer Congreso Nacional de Historia de la Construcción. Madrid, 1996.

### **Autres**

- 101-BECK K. Characterization, water transfer properties and deterioration in tuffeau: building material in the Loire valley-France. Publication dans International Journal Building Environment. 2003.
- 102- Charte de Burra, Charte d'ICOMOS Australie pour la conservation de lieux et de biens patrimoniaux de valeur culturelle, 1979 articles 1.5.
- 103- Charte de Venise : Charte Internationale Sur la Conservation et la Restauration des Monuments et des Sites, présentée lors du IIème Congrès international des architectes

- et des techniciens des monuments historiques. Venise, 1964. Adoptée par ICOMOS en 1965.
- 104- Jean-Marie Pérouse de Montclos. La monographie d'architecture. Collection et Méthodes n°10. 2001.
- 105- LAMY SA EXPERTISE. Fissures : mieux comprendre les fissures. [www.lamy-expertise.fr/contact1/devis-tarif-estimation-maisonappartement.html](http://www.lamy-expertise.fr/contact1/devis-tarif-estimation-maisonappartement.html).
- 106- MONTADA-ALGERIE. Construction en terre à la vallée du M'Zab : guide technique de réhabilitation. Publication de l'Office de Protection et de Promotion de la Vallée du M'Zab (OPVM), 2011.
- 107- Office de Protection et de Promotion de la Vallée du M'Zab (OPVM). La chaux : matériau de construction et de restauration. Site : [www.opvmg.org](http://www.opvmg.org) . Ghardaïa, Algérie.
- 108- Office de Protection et de Promotion de la Vallée du M'Zab (OPVM). Matériaux de construction traditionnels : Authenticité et durabilité. Site : [www.opvmg.org](http://www.opvmg.org) . Ghardaïa, Algérie.
- 109- Résolution à soumettre à l'approbation des membres de l'ICOM-CC, à l'occasion de XVème Conférence Triennale. Terminologie de la Conservation-restauration du patrimoine culturel matériel. New-Delhi, septembre 2008.

#### **Site internet**

- 110- [www.craterre.org](http://www.craterre.org)
- 111- [www.unesco.org](http://www.unesco.org)
- 112- [www.memoireonline.com](http://www.memoireonline.com)
- 113- [www.opvmg.org](http://www.opvmg.org)
- 114- [www.meda-corpus.org](http://www.meda-corpus.org)
- 115- [www.rehabimed.org](http://www.rehabimed.org)
- 116- [www.anah.fr](http://www.anah.fr)
- 117- [www.cnerib.edu.dz](http://www.cnerib.edu.dz)
- 118- [www.euromedheritage](http://www.euromedheritage)
- 119- [www.areso.asso.fr](http://www.areso.asso.fr)
- 120- [www.asterre.org](http://www.asterre.org)

TABLES DES FIGURES, DES  
PHOTOGRAPHIES ET DES  
TABLEAUX

## TABLE DES FIGURES

	<b>Intitulé</b>	<b>Page</b>
<b>Figure I.1</b>	Schéma récapitulatif de la phase du pré-diagnostic .....	18
<b>Figure I.2</b>	Schéma récapitulatif de la phase des études pluridisciplinaires .....	25
<b>Figure I.3</b>	Schéma récapitulatif de la phase du diagnostic .....	28
<b>Figure II.1</b>	Diagrammes de limites recommandées pour la mise en œuvre du pisé .....	33
<b>Figure II.2</b>	Les différents outils du piseur .....	34
<b>Figure II.3</b>	Coffrage traditionnel .....	34
<b>Figure II.4</b>	Coffrage d’Auvergne .....	34
<b>Figure II.5</b>	Les différentes parties d’une banche .....	35
<b>Figure II.6</b>	Variante de banche .....	35
<b>Figure II.7</b>	Fond de banche Auvergnate .....	36
<b>Figure II.8</b>	les poteaux .....	36
<b>Figure II.9</b>	les clés .....	36
<b>Figure II.10</b>	les jougs .....	36
<b>Figure II.11</b>	les coins .....	36
<b>Figure II.12</b>	Le pisé, chantier traditionnel .....	38
<b>Figure II.13</b>	Différentes phases de la construction d’une maison en pisé .....	38
<b>Figure II.14</b>	Différentes formes de briques autre que parallélépipédiques .....	41
<b>Figure II.15</b>	Granulométrie d’une terre à Adobe .....	42
<b>Figure II.16</b>	Test de cigare .....	43
<b>Figure II.17</b>	Diagrammes des limites recommandées pour la mise en œuvre de l’adobe .....	44
<b>Figure II.18</b>	Chantier traditionnel .....	45
<b>Figure II.19</b>	Influence de la pluie .....	47
<b>Figure II.20</b>	influence du gel (basses températures) .....	47
<b>Figure II.21</b>	Influence des hautes températures .....	47
<b>Figure II.22</b>	Variation thermique entre la surface et le centre de la brique .....	47
<b>Figure II.23</b>	Première variante de mur en brique de terre crue .....	48
<b>Figure II.24</b>	Deuxième variante de mur en brique de terre crue .....	48
<b>Figure II.25</b>	Troisième variante du mur en brique de terre crue .....	48
<b>Figure II.26</b>	Quatrième variante de mur en brique de terre crue .....	48
<b>Figure II.27</b>	Cinquième variante de mur en brique de terre crue .....	49
<b>Figure II.28</b>	Plancher traditionnel .....	51
<b>Figure II.29</b>	Plancher à rondins de bois naturel .....	52
<b>Figure II.30</b>	Plancher à solive de bois usiné .....	53

<b>Figure II.31</b> : Plancher traditionnel avec lattis de nervures de palme .....	53
<b>Figure II.32</b> : Plancher avec des voutains de pierres .....	54
<b>Figure II.33</b> : Plancher avec des gaines de palmiers .....	54
<b>Figure II.34</b> : Appuis des planchers .....	55
<b>Figure II.35</b> : Couverture à ossature simple composée d'une charpente en bois brut .....	58
<b>Figure II.36</b> : Couverture à ossature simple composée de fermes en bois .....	59
<b>Figure II.37</b> : Couverture terrasse .....	59
<b>Figure III.1</b> : Humidité ascensionnelle : remontées capillaires .....	66
<b>Figure III.2</b> : Infiltration d'eau par une fissure .....	67
<b>Figure III.3</b> : Rejaillissement de la pluie sur le soubassement de la maçonnerie .....	68
<b>Figure III.4</b> : Les conséquences de l'application d'un enduit étanche .....	69
<b>Figure III.5</b> : Origines de l'humidité .....	69
<b>Figure III.6</b> : Processus de dégradation d'un mur rejointoyé avec un mortier de ciment .....	73
<b>Figure III.7</b> : Fissures dues à l'affaissement des fondations au niveau de l'angle .....	82
<b>Figure III.8</b> : Fissures dues à l'affaissement des fondations au milieu du mur .....	82
<b>Figure III.9</b> : Dommages structurels provoqués par le séisme .....	89
<b>Figure IV.1</b> : Drain extérieur .....	91
<b>Figure IV.2</b> : Drain intérieur dans une maison mitoyenne .....	92
<b>Figure IV.3</b> : Assèchement d'un mur par implantation d'une barrière étanche .....	93
<b>Figure IV.4</b> : Principe de fondation, expérience à Burkina-Faso .....	93
<b>Figure IV.5</b> : Sciage d'un mur par tronçons alternés successifs .....	93
<b>Figure IV.6</b> : Nettoyage et mise à niveau .....	95
<b>Figure IV.7</b> : Reprise des fondations .....	95
<b>Figure IV.8</b> : Renforcement d'un mur avec un chaînage .....	96
<b>Figure IV.9</b> : Angles maçonnées en matériaux durs .....	96
<b>Figure IV.10</b> : Détail de la clé en bois .....	96
<b>Figure IV.11</b> : Les tirants métalliques .....	97
<b>Figure IV.12</b> : Méthode de réparation partielle d'un mur en brique de terre crue .....	98
<b>Figure IV.13</b> : Première partie de réparation d'un mur .....	99
<b>Figure IV.14</b> : Deuxième partie de réparation d'un mur .....	100
<b>Figure IV.15</b> : Troisième étape de réparation .....	100
<b>Figure IV.16</b> : Principe de réparation d'une cavité à l'aide de blocs de terre comprimée .....	101
<b>Figure IV.17</b> : Descriptif de la méthode de réparation d'un appui de plancher .....	102
<b>Figure IV.18</b> : Réparer les défauts d'assemblage de la charpente .....	103
<b>Figure IV.19</b> : Méthode pour remplacer un linteau .....	105

<b>Figure IV.20</b> : Principes de conception d'une maison parasismique .....	109
<b>Figure IV.21</b> : Schéma de bonne conception architecturale d'un bâtiment en terre .....	110

## **TABLE DES PHOTOGRAPHIES**

<b>Intitulé</b>	<b>Page</b>
<b>Photo 1</b> : Ain Salah, Tamanrasset .....	3
<b>Photo2</b> : Ksar Taghit, Bechar .....	3
<b>Photo 3</b> : Dégradation du Ksar de Témacine .....	4
<b>Photo 4</b> : Réhabilitation du ksar Tamarna Lakdima .....	4
<b>Photo II.1</b> : Banche traditionnelle .....	35
<b>Photo II.2</b> : Fond de banche .....	37
<b>Photos II.3</b> : Les éléments de coffrage en acier, Maatkas .....	37
<b>Photo II.4</b> : Le fouloir .....	37
<b>Photo II.5</b> : Première variante : mur en terre banchée .....	39
<b>Photo II.6</b> : Deuxième variante : mur en pisé alterné de lit de pierre .....	40
<b>Photo II.7</b> : Troisième variante : mur en terre banchée à double parements de pierre .....	41
<b>Photo II.8</b> : Une fabrique des briques de terre au Nigeria .....	41
<b>Photo II.9</b> : Fabrication de la brique de terre crue .....	46
<b>Photos II.10</b> : Mur de terre posé sur un soubassement de pierre .....	49
<b>Photo II.11</b> : Mur de terre posé directement sur le sol .....	50
<b>Photo II.12</b> : Plancher traditionnel, Beni Yenni .....	51
<b>Photo II.13</b> : Plancher à rondins de bois naturel .....	52
<b>Photo II.14</b> : Plancher à solive usiné .....	52
<b>Photo II.15</b> : Plancher Traditionnel .....	53
<b>Photo II.16</b> : Piliers (Ksar Tamarna) .....	56
<b>Photo II.17</b> : Piliers servant de support pour l'arcature de l'étage, Ksar Témacine .....	56
<b>Photo II.18</b> : Contreforts, El-Oued .....	56
<b>Photos II.19</b> : Les portes d'entrée .....	57
<b>Photos II.20</b> : Fenêtres et linteaux .....	57
<b>Photo II.21</b> : Couverture traditionnel à double pente, Ben-Yenni .....	57
<b>Photo II.22</b> : Ferme en bois, Maatkas .....	58
<b>Photo II.23</b> : Escalier droit avec mur d'échiffre .....	60
<b>Figure II.24</b> : Escalier sur paillasse en bois .....	60
<b>Photo II.25</b> : Escalier à structure voûtée à deux arrivées, Tamarna Lekdima .....	60
<b>Photo II.26</b> : Escalier droit à structure voûtée, Ksar Témacine .....	60

<b>Photo II.27</b> : Escalier intérieur en pierre .....	60
<b>Photo II.28</b> : L'échelle remplace l'escalier .....	60
<b>Photo II.29</b> : Liant à base de chaux .....	61
<b>Photo II.30</b> : Maison en pisé enduite à la chaux .....	91
<b>Photo II.31</b> : Plancher relié au mortier de Timchent .....	91
<b>Photo II.32</b> : Thoumlilt .....	62
<b>Photo II.33</b> : Maison sans enduit .....	62
<b>Photo II.34</b> : Traitement de surface, Timimoune .....	62
<b>Photo II.35</b> : Maison en terre enduite au ciment .....	63
<b>Photo II.36</b> : Passage voûté avec berceau surbaissé, Témacine .....	63
<b>Photo II.37</b> : Arc plein cintre, Tamarna Kedima .....	63
<b>Photo II.38</b> : Voûte en berceau, Témacine .....	63
<b>Photo II.39</b> : Couverture en coupole surbaissée, Témacine .....	63
<b>Photo III.1</b> : Humidité par remontées capillaires .....	66
<b>Photo III.2</b> : Dégradation à la base du mur en pisé à cause des remontées capillaires .....	66
<b>Photo III.3</b> : Dégradation due à la condensation superficielle .....	68
<b>Photo III.4</b> : Dégradation du mur à cause d'une humidité accidentelle .....	70
<b>Photo III.5</b> : Dégradation du mur en terre sous l'enduit de ciment .....	72
<b>Photo III.6</b> : Formation de cristaux de sel à la surface du terrain .....	73
<b>Photo III.7</b> : Moisissures sur le mur en pisé .....	74
<b>Photo III.8</b> : Dégradation du linteau sous l'effet de l'humidité .....	74
<b>Photo III.9</b> : Formation de creux sur le mur en brique de terre crue .....	74
<b>Photo III.10</b> : Déchaussement des briques de terre crue .....	79
<b>Photo III.11</b> : Déversement du mur vers l'intérieur .....	80
<b>Photo III.12</b> : Etalement du mur déversé vers l'extérieur .....	80
<b>Photo III.13</b> : Formation de ventre à la base du mur .....	80
<b>Photo III.14</b> : Désolidarisation des murs porteurs .....	80
<b>Photo III.15</b> : Fissure de poinçonnement due à la poussée de la charpente .....	81
<b>Photo III.16</b> : Fissure d'angle dite de « coup de sabre » .....	82
<b>Photo III.17</b> : Rupture du linteau .....	83
<b>Photo III.18</b> : Formation de l'arc de décharge .....	83
<b>Photo III.19</b> : Dégradation de la menuiserie de la porte .....	83
<b>Photo III.20</b> : Fléchissement du plancher .....	84
<b>Photo III.21</b> : Rupture de la poutre à cause des attaques d'insectes .....	85
<b>Photo III.22</b> : Colonisation de la couverture par la végétation .....	86

<b>Photo III.23</b> : Effondrement de la couverture .....	86
<b>Photo III.24</b> : Décollement de l'enduit .....	86
<b>Photo III.25</b> : Fissuration de la clé de l'arc .....	87
<b>Photo III.26</b> : Dégradation des coupoles .....	87
<b>Photo IV.1</b> : Drain extérieur, Maatkas .....	93
<b>Photo IV.2</b> : Contreforts .....	98
<b>Photo IV.3</b> : Témoin en plâtre sur une fissure .....	100
<b>Photo IV.4</b> : Ajout d'un montant en bois .....	103
<b>Photo IV.5</b> : Percement d'une porte dans un mur en pisé .....	106
<b>Photo IV.6</b> : Consolidation de la voûte par un tirant métallique .....	106
<b>Photo IV.7</b> : Protection d'un mur en pisé par un soubassement de pierre .....	111
<b>Photo IV.8</b> : Protection du haut du mur par une toiture débordante .....	111

### **TABLE DES TABLEAUX**

<b>Intitulé</b>	<b>Page</b>
<b>Tableau I.1</b> : Classification des pathologies liées au bâtiment.....	23
<b>Tableau II.1</b> : Tableau représentatif des lieux visités .....	31
<b>Tableau II.2</b> : Différents types de fondations .....	50
<b>Tableau III.1</b> : Récapitulatif des types d'humidité les plus courants .....	70
<b>Tableau III.2</b> : Tableau récapitulatif des éléments de diagnostic .....	77

# ANNEXES

Les différents systèmes	Élément de la construction		Désordres relevés in- situ				
			Localisation	Symptôme	Cause	Origine	Observations
Système I	1	Fondation					
	2	Soubassement					
	3	Plancher RDC					
	4	Trottoir périphérique					
	5	Bas des angles					
	6	Sol de fondation					
	7	Bas du mur					
Système II	8	Mur en zone courante					
	9	Angle en zone courante					
Système III	10	Ouverture					
	11	Linteau					
	12	Appuis de bais					
	13	Jambage					
Système IV	14	Haut du mur					
	15	Haut des angles					
	16	Plancher intérieur					
	17	Toiture					
	18	Chaînage					
	19	Acrotère					
Système V	20	Étanchéité					
	21	Mur					
	22	Gaine électrique					
	23	Conduite de gaz					
Système VI	24	Conduite d'eau					
	25	Enduit intérieur					
	26	Enduit extérieur					
	27	Peinture intérieure					
	28	Peinture extérieure					
	29	Mur apparent					

## Liste des pathologies, causes et origine des dégradations

## Liste définissant les pathologies, causes et origine


réf. (S)	Symptômes	réf. (s)	Causes	réf. (s)	Origines
S 1	Érosion ponctuelle et ou différentielles	C 1	Rupture du matériau	O 1	Qualité de la production
S 2	Taches d'humidité : temporaire ou permanente, en surface ou en profondeur, uniforme ou locale	C 2	Rupture du sol de fondation	O 2	Qualité d'exécution
		C 3	Tassement différentiel	O 3	Rotation
		C 4	Remontée capillaire	O 4	Glissement
S 3	Traces d'humidité (traces, sels, parasites, etc.)	C 5	Absorption	O 5	Cisaillement
		C 6	Choc	O 6	Charges dynamiques
S 4	Défaillance de la protection de surface	C 7	Flambement	O 7	Charges ponctuelles
S 5	Fissure	C 8	Cisaillement	O 8	Charges différentielles
S 6	Couleur	C 9	Traction	O 9	Mouvement du sol de fondation
S 7	Effritement	C 10	Ruissellement	O 10	Nappe phréatique
S 8	Arrachement de matière	C 11	Rejaillissement	O 11	Entretien
Saï	Faiénçage	C 12	Choc aérodynamique	O 12	Intempéries
S 1	Salissure	C 13	Infiltration	O 13	Charges excentrées
S 11	Poudrage	C 14	Condensation	O 14	Dilatation hygrométrique
S 12	Efflorescences	C 15	Effort dynamique	O 15	Séisme
S 13	Épaufrures	C 16	Poinçonnement	O 16	Joint (rupture ou dilatation)
S 14	Décollement	C 17	Variation dimensionnelle	O 17	Incompatibilité physique et / ou chimique entre matériau
S 15	Dé lavement	C 18	Chargement différentiel		
S 16	Impact	C 19	Vibration	O 18	Drainage
S 17	Abrasion	C 20	Fuites	O 19	Ponts thermiques
S 18	Écrasement	C 21	Micro-organismes	O 20	Autres origines
S 19	Affaissement	C 22	Animaux		
S 20	Lézarde	C 23	Comportement des usagers		
S 21	Écaillage	C 24	Rayonnement solaire et radiation		
S 22	Fendillement				
S 23	Craquelure	C 25	Inondation		
S 24	Décrochement	C 26	Entretien		
S 25	Crevasse	C 27	Autres causes		
S 26	Autres symptômes				

**Fiche de recueil d'informations relatives au dossier technique du projet**

Intitule du projet :

- Délai d'exécution : du   Mois   Année au   Mois   Année
- Archive disponibles :
  - plan de masse
  - Plans d'architecture
  - Plans d'exécutions

Description de l'ouvrage

- Nature de l'ouvrage :
- Orientation : 
- Lieu d'implantation :

Type de construction :

La construction est composée de 5 parties qui sont : Les fondations, les soubassements, les murs en élévation, les planchers et les installations techniques.

Les fondations :

- Semelles isolées
- Semelles filantes
- Semelles filantes continues
- Radiergénérale

Soubassements :

- En béton armé
- En béton non armé
- En maçonnerie de blocs de pierres ou de moellons

Murs en élévation :

- Murs en maçonnerie porteuse
- Mur en maçonnerie de remplissage
- Mur banché

Planchers :

On distingue trois types de planchers qui sont : les planchers rez-de-chaussée, le plancher étage et le plancher terrasse.

Plancher du rez-de-chaussée :

- Dalle sur terre pleine
- Dalle sur vide sanitaire
- Autres

Plancher étage courant :

- Dalle pleine
- Corps creux---  Dalle de compression
- Sans dalle de compression

Type de poutrelles :

- Métalliques

Type du hourdis :

- Préfabriqués en béton armé
- Voûtains en plâtre
- Blocs de BTS placés en entrevous
- Parpaing de ciment

Plancher terrasse :

Type de toiture :

<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>

voûtes

Inclinée

Coupoles

Plâtres-----

<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>

Accessible

Non accessible

<input type="checkbox"/>
--------------------------

Autre

Type d'étanchéité :

<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>

Saharienne

Multicouches

Autre

Installations techniques :

Conduites d'eau

<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>

Apparente

Encastrées

Conduites de gaz :

<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>

Apparente

Encastrées

Gaines électriques :

<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>

Apparente

Encastrées

A		Descriptif général	
Adresse :	Lons-le-Saunier	Année de construction :	
Date de l'évaluation :	23/07/10	Nom du bâtiment sur lequel porte l'évaluation :	
Nom de l'organisme évaluateur :	Jura Habitat	Nombre de niveaux (hors sous-sol et combles non aménagés) :	
		Consommation énergétique en kWhep/m <sup>2</sup> -an avant travaux :	
C		ÉLÉMENTS	
Champs principaux		Détail des éléments à évaluer	
		1. Fondations	
		1.1. En sous-œuvre	
		2. Structure	
		2.1. Murs périphériques et tout élément porteur (dont retends, linteaux, poutres, poteaux)	
		2.2. Planchers	
		2.3. Charpente (dont chevrons)	
		2.4. Escaliers	
		2.5. Garde-corps et rampes (parties communes)	
		3. Couverture	
		3.1. Couverture et accessoires (dont tuiles, zinc, ardoises...)	
		3.2. Gouttières et descentes	
		3.3. Autres éléments (dont souches, lucarnes, corniches...)	
		4. Étanchéité des murs	
		4.1. Étanchéité des murs extérieurs (enduits, revêtements)	
		4.2. Humidité tellurique des murs	
		5. Isolation thermique des parois et menuiseries	
		5.1. Isolation des parois verticales, horizontales (dont les combles)	
		5.2. Fenêtres (parties communes)	
		5.3. Porte d'entrée, porche et sas	
		6. Finitions en parties communes	
		6.1. Revêtements intérieurs murs et plafonds	
		6.2. Revêtements de sol	
		6.3. Autres éléments en façade (dont modénatures, garde-corps, bandeaux, encadrements, auvents, volets)	
		7. Installation électrique (dont tableau et accordement à la terre)	
		8. Installation gaz (dont la ventilation)	
		9. Conduit de ventilation (VMC ou autres)	
		10. Alimentation d'eau potable	
		11. Evacuation des eaux usées (dont raccordements)	
		12. Chauffage collectif	
		13. Production d'eau chaude collective	
		14. Installation sécurité incendie (dont détecteurs, ventilation et signalétique)	
		15. Ascenseur	
		16. Sol cour collective	
		17. WC communs	
		18. Locaux communs (dont techniques, vélos, poussettes)	
		19. Caves (dorsonnement)	
		20. Conduits d'évacuation déchets/local poubelles	
		21. Dépose des matériaux et traitements spécifiques (dont amiante, plomb, termites, champignons...)	
		TOTAL	
		32	

## Grille "bâtiment collectif (parties communes)"

**A** un encart "descriptif général" destiné à apporter les informations globales sur l'évaluation (date de l'évaluation, nom de l'organisme évaluateur), sur le logement ou l'immeuble (adresse, date de construction, surface, nombre de pièces et de niveaux, consommation énergétique...)

**C** les éléments à décrire à la suite du diagnostic technique réalisé, répertoriés par famille selon le type d'habitat (gros œuvre, réseaux, équipements, étanchéité...) qui doivent être renseignés sur leur niveau de dégradation

## Nota

Pour les éléments absents ou inexistantes et dont l'absence n'impacte pas l'évaluation physique du logement ou du bâtiment, il faut indiquer "50" (soit Sans Objet) dans la note d'état de l'élément concerné.

A compléter		B Descriptif technique, précisions des éléments manquants et spécificités			E NOTES CALCULÉES	
Éléments majeurs impactant la dégradation	Note d'état	Amplitude des désordres	Prorata d'éléments concernés	Nb. de niveaux concernés	Note de dégradation	Valeur maximale de référence
1900	1	0%			0	3
Bâtiment C	4	50%		4	2	12
G	1	100%			1	3
	1	25%		4	0,25	3
	1				4	12
	1				1	3
	5					
	1	25%			0,25	3
	1	25%			0,25	3
	0				0	3
	2					
	3	25%		4	3	12
	0	0%		4	0	12
	3	100%		4	12	12
	3				3	3
	3				3	3
	3	100%		4	12	12
	1	100%			4	4
	1	100%			4	4
	1	100%			4	4
	3	100%		4	12	12
	3	100%		4	12	12
	3	100%		4	12	12
	50	0%			-	-
	3	100%		4	12	12
	3	100%		4	12	12
	50	0%			-	-
	3	100%		4	12	12
	50				-	-
	1	100%		1	1	3
	3				3	3
	0				0	3
	0				0	3
	1				1	3
	1				1	3
	3	100%		1	3	3
20	1,55				111,75	201

**B** un espace libre permettant à l'opérateur d'inscrire des indications ou observations techniques en complément de l'évaluation pour expliquer ou étayer la notation

**D** les critères à renseigner : note d'état, ampleur des désordres, prorata d'éléments concernés, nombre de niveaux/pièces du logement ou de l'immeuble

**E** les notes calculées : la note de dégradation (résultat issu du renseignement des critères à la suite de l'évaluation) et la note correspondant à la valeur maximale de référence (note de dégradation maximale qui peut être obtenue sur le logement ou l'immeuble)

**F** la note de dégradation des éléments majeurs (DM) : issue du résultat des notes d'état de ces éléments uniquement

**G** la note de dégradation générale (DG) : issue du rapport entre la note de dégradation et la valeur maximale de référence (intégrant l'ensemble des éléments)

**H** indicateur de dégradation (ID) : issu des deux notes (DM et DG). Les zones de dégradation sont priorisées par l'Anah selon 3 catégories : - dégradation inexistante ou faible ; - dégradation moyenne ; - dégradation très importante.

Note de dégradation des éléments majeurs (DM) 52% **F** Note de dégradation générale (DG) 56% **G** Indicateur de dégradation (ID) 0,54 **H**