

Département d'Architecture



Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de :
MASTER ACADEMIQUE

Filière :
ARCHITECTURE

Spécialité :
ARCHITECTURE ET PATRIMOINE

Présenté par :
Rokia HAMRICHE
Wissam BOULEKCHOUR

THEME :

Réhabilitation de l'habitat traditionnel par le confortement des structures vis-à-vis des séismes

Date de la Soutenance : 24 /06 /2018

Composition du Jury :

Adila AIDATE Grade, Université Mohamed Seddik BENYAHIA - Jijel, Président du jury
Hanane KIHAL Grade, Université Mohamed Seddik BENYAHIA - Jijel, Directeur de mémoire
Karima DROUNA Grade, Université Mohamed Seddik BENYAHIA - Jijel, Membre du Jury

Remerciement

Nous voulons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné santé, force, courage, volonté et patience pour accomplir ce Modeste travail.

*Nous tenons à remercier Madame **H. KIHAL**, mon encadreur de mémoire pour avoir dirigé ce travail, pour son accompagnement et ses encouragements tout au long de la recherche. Sa disponibilité, Ses critiques constructives, ses précieux conseils et ses analyses pertinentes qui ont contribué à rendre ce travail enrichissant et agréable. Nous sommes très honorée de l'avoir pour*
Dirigé notre recherches.

*Nous remerciment vont également aux membres du jury. **Mm, A. AIDAT et Melle, K. DROUNA.***

Pour l'intérêt qu'elles nous ont porté en acceptant d'examines ce travail.
Enfin un grand remerciement à toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

DÉDICACE

*Au cœur ouvert et avec une immense joie, je dédie ce travail
A mes parents, jamais je ne saurais m'exprimer quant aux sacrifices et aux
dévouements que vous consacrez à mon éducation et mes études.*

*Celle qui m'a transmis la vie, l'amour et le courage, qui a attendu avec patience
les fruits de sa bonne éducation ; A toi chère maman « **RACHIDA** » toutes mes joies,
mon amour et ma reconnaissances.*

*A mon cher papa, «**DJAAFER**», qui a été toujours près de moi pour me soutenir.*

Puisse ce modeste travail exprimer le respect et l'amour que je vous porte.

*A mes bijoux précieux ; **MOSTAFA, IBRAHIM, AMANI** que DIEU les protègent.*

A tous mes oncles et tantes

*Et A mon adorable binôme **ROKIA** A mes collègues sans exception.*

*A mes chères amies surtout **AMEL, ASMA***

*A toute personne dont j'ai une place dans mon cœur, que je connais, que j'estime et
que j'aime.*

*Pour vous tous **Merci.***

WISSAM

DÉDICACE

*Au cœur ouvert et avec une immense joie, je dédie ce travail
A mes parents, jamais je ne saurais m'exprimer quant aux sacrifices et aux
dévouements que vous consacrez à mon éducation et mes études.*

*A mon cher papa, «MOULOUE», qui a été toujours près de moi pour me soutenir.
Puisse ce modeste travail exprimer le respect et l'amour que je vous porte.*

*Celle qui m'a transmis la vie, l'amour et le courage, qui a attendu avec patience
les fruits de sa bonne éducation ; A toi chère maman « MALIKA » toutes mes joies,
mon amour et ma reconnaissances.*

*A mon bijou précieux : **KHALED et ABDOU***

*Et mes frères : **ZOHIR, YASSIN, FOUZI**, et ses femmes*

*A mes adorables sœurs : **MOFIDA et FATIMA***

***SAMIRA et ISMAHANE** et ses maries*

*A **CHAYMA, WISSAL, OUSSAMA, RITAJ, TASNIME SIRINE, TAYM***

*Et A mon adorable binôme **WISSAM** a mes collègues sans exception.*

*A le symbole d'un grand amour : **FAROUQ, AMEL, SOUMIA***

*A toute personne dont j'ai une place dans mon cœur, que je connais, que j'estime et
que j'aime.*

*Pour vous tous **Merci.***

ROKIA

Table des matières

Remerciements.....	I
Dédicace.....	II
Table des matières.....	III
Liste des figures.....	IV
Liste des photos.....	V
Liste des abréviations.....	VI
INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	p1
Problématique	p2
Hypothèses	p3
Méthodologie.....	p3
Structure du travail	p3
CHAPITRE I : L'architecture traditionnelle et la réhabilitation	
Introduction.....	p4
1. Notions et concepts de base de l'architecture traditionnelle	p4
1.1. Tradition	p4
1.2. L'architecture traditionnelle.....	p4
1.3. Ville traditionnelle	p5
1.4. Habitat traditionnel	p6
2. Les matériaux et La méthode de construction	p7
2.1. Les matériaux	p7
2.1.1. Matières minérales	P7
2.1.2. Matières végétales	p9
2.1.3. Matières animales.....	p11
2.2. Techniques de constructions.....	p 12
2.2.1. La ventilation naturelle	p12
2.2.2. Le moucharabieh	P12
2.2.3. Protection solaire	p13
3. Architecture traditionnelle en Algérie.....	p14
4. Exemple d'habitat traditionnel en Algérie	p14
4.1. M'Zab	p14
4.2. Kabyle.....	p15
4.3. Aurassien	p16
5. Interventions pour la conservation de l'habitat traditionnel.....	p 17
5.1. Réhabilitation et Réhabimed	p 17

5.2. Objectif de réhabilitation	p18
5.3. La méthode réhabimed.....	p18
5.3. Principes de la méthode.....	p18
5.4. Les phases de la méthode	p 19
Conclusion.....	p19
CHAPITRE II : Les notions séismiques et les mesures parasismiques traditionnelles	
Introduction.....	p20
1. Quelques définitions liées au séisme.....	p 20
2. La naissance du séisme	p23
3. L'impact des séismes sur les structures	p23
4. Les modes de déformation de construction lors d'un séisme.....	p 24
4.1. Effets des actions normales : traction et compression.....	p25
4.2. Effets des actions composées : Cisaillement ou flexion.....	p 25
5. Reconnaissance scientifique internationale des cultures sismiques locales.....	p26
6. Évolution d'une culture sismique locale	p26
7. Aperçu historique sur la réglementation parasismique.....	p27
8. La réglementation parasismique en Algérie.....	p27
8.1. Recommandations parasismiques après le séisme d'Alger 1716.....	p27
8.2. Les recommandations AS55 après le séisme d'El Asnam 1954.....	p28
8.3. Les règles parasismiques Algériennes (RPA).....	p28
9. Généralités sur les règles parasismique algériennes (RPA99 /version 2003).....	p 28
9.1. L'objectifs	p28
9.2. Les Domaines d'applications	p29
9.3. Les Conditions d'applications	p29
9.4. Classification des zones sismiques.....	p 29
10. Redécouvrir les techniques parasismiques traditionnelles.....	p30
11. Pourquoi techniquement ce mode de construction est si résistant ?.....	p30
12. Quelques exemples	p33
Conclusion	p38
CHAPITRE III : L'architecture traditionnelle en Algérie	
Introduction.....	p39
1. Les casbahs de Mostaganem	p39
1.1. Présentation de la ville (Mostaganem)	p39
1. 2. Sismicité.....	p39
1.3. Le zonage sismique de la wilaya de Mostaganem	p39

1.4. les deux casbahs Tigditt et Derb-Tobbana).....	p40
2. L'habitation traditionnelle Auressienne (Menaâ)	p44
2.1. Présentation	p44
2.2. L'architecture à Menâa	p45
2.3. L'habitat traditionnel	p46
3. L'architecture Traditionnelle De Kabylie.....	p 51
3.1. Présentation.....	p51
3.2. La maison kabyle traditionnelle.....	p51
3.3. Les matériaux et les méthodes constructives.....	p52
4. La casbah d'Alger.....	p53
4.1. Présentation	p53
4.2. Les mesures constructives sismo-résistantes dans la Casbah d'Alger.....	p53
4.2.1. La structure rigide	p54
4.2.2. La structure flexible	p56
Conclusion.....	p58

CHAPITRE IV : Les modes de réparation curatives et préventives

Introduction.....	p59
1. Principes sismiques.....	p59
2. Forces sismiques.....	p 59
2.1. Forces horizontales	P59
2.2. La force verticale (oscillation verticale).....	P60
2.3. Les effets de torsion (Oscillation de torsion).....	P60
3. Effets des séismes sur une maison.....	p61
4. Solutions curatives.....	p61
4.1. Évaluation des dégâts occasionnés par un séisme.....	p61
4.2. Les solutions à apporter.....	p62
5. Les solutions préventives.....	p70
5.1. Action au niveau des sols.....	P70
5.2. Réhabilitation des structures horizontales et verticales dans la construction..	p70
5.2.1. Les étaielements.....	P70
5.2.2. Réhabilitation des fondations.....	P 70
5.2.3. Réhabilitation des planchers.....	P72
5.2.4. Réhabilitation des constructions en maçonnerie.....	P74
5.2.5. Renforcement de la structure par des polymétrie à fibre renforcée.....	P79
5.2.6. Ravalement des façades.....	P80

Conclusion.....	p81
Conclusion générale.....	p82
Bibliographie.....	p84
ملخص	p86
Abstract.....	p86
Résumé.....	p87

Liste des figures

Figure n° 1: Mouvements d'air par la pression du vent.....	p12
Figure n° 2: Le Moucharabieh	p13
Figure n° 3: Mécanisme de rupture entraînant la propagation d'ondes génératrices de tremblement de terre	p23
Figure n° 4: Mouvement et caractéristique d'un séisme.....	p24
Figure n° 5: les trois modes de déformation de construction sous l'effet de séisme.....	p25
Figure n° 6: Carte de zonage sismique de territoire national après RPA99.....	p29
Figure n° 7: Une« bhunga» traditionnel.....	p35
Figure n° 8: Carte du zonage sismique de la ville de Mostaganem	p40
Figure n° 9: Typologie constructive d'un plancher en branches et rondin de bois (Maraf Zoubida)	p41
Figure n° 10: Typologie constructive d'un plancher en voutain en briques creuses (Maraf Zoubida).....	p42
Figure n° 11: Typologie constructive d'un plancher en poutrelles en bois.....	p42
Figure n° 12 : Chaînage de l'angle	p43
Figure n° 13: Mur renforcé par deux rondins	p43
Figure n° 14: Murs renforcés par trois rondins.....	p43
Figure n° 15: La carte de situation de Menâa par rapport à la Wilaya de Batna	p44
Figure n° 16: La carte des limites administratives du périmètre communal	p45
Figure n° 17: Les deux types d'agglomération à Menâa.....	p45
Figure n° 18: Élévation d'une maison à Menâa et Rez-de-chaussée, plan d'étage.....	p46
Figure n° 19: Processus schématisé de fabrication des fondations.....	p47
Figure n° 20: Processus schématisé de fabrication du mur.	p48
Figure n° 21: Vue dessus sur la dalle.....	p49
Figure n° 22: Processus schématisé de fabrication de dalle.....	p49
Figure n° 23: Le poteau dans la maison traditionnelle.	p50

Figure n° 24: Profil du site Casbah d'Alger.....	p53
Figure n° 25: Les différentes couches du mur.....	p54
Figure n° 26: Murs renforcés par une strate de brique curviligne (palais du Dey).....	p54
Figure n° 27: Mur en briques renforcé par des blocs de pierres (palais du dey).	p55
Figure n° 28: Chainage des angles	p55
Figure n° 29: Chaînage des cloisons aux murs porteurs (palais du dey)	p56
Figure n° 30: Superposition de trois rondins	p57
Figure n° 31: Superposition perpendiculaire de rondins.....	p 57
Figure n° 32: Détail plancher	p 57
Figure n° 33: Les effets d'un séisme sur la constriction.....	p 59
Figure n° 34: Les actions de la force horizontale	p 60
Figure n° 35: Les Effets de la force horizontale	p 60
Figure n° 36: Les actions de la force verticale	p 60
Figure n° 37: Les Effets de la force verticale	p 60
Figure n° 38: Les actions de la torsion	p 60
Figure n° 39: Effets de la force torsion.....	p 60
Figure n° 40: les mouvements et les effets d'un séisme sur la constriction en « L »....	p 61
Figure n° 41: les mouvements et les effets d'un séisme sur la constriction rectangulaire.....	p 61
Figure n° 42: Les mouvements et les effets d'un séisme sur la constriction en hauteur.....	p 61
Figure n° 43: mode de pose d'étais à la constriction endommagé Réparation des parties endommagées à la constriction.....	p 62
Figure n° 44: Réparation des parties endommagées à la constriction.....	p 62
Figure n° 45: la réparation des toitures	p 63
Figure n° 46: installation des poutres de chaînage.....	p 63
Figure n° 47: mode de réparation des Mur pignon.....	p 63
Figure n° 48: Détails de l'installation d'une clé transversale la ligne de rupture.....	p 64
Figure n° 49: mode de réparation des Mur pignon allégé.....	p 64
Figure n° 50: Renforcement au moyen de clé dans les angles des murs.....	p 65
Figure n° 51: le renfort au niveau de raccords des murs et ce détail.....	p 66
Figure n° 52: Déplacement en éventail	p 66
Figure n° 53: Déplacement central (saillie)	p 66
Figure n° 54: Le démontage du mur se réalise en escalier.....	p 67
Figure n° 55: les détériorations des murs, des fondations et soubassements	p 67

Figure n° 56: réparation des fondations.....	p 68
Figure n° 57: les zones endommagées aux murs.....	p 68
Figure n° 58: réparation des dommages par les arcs de décharge.....	p 68
Figure n° 59: réparation finale des murs.....	p 69
Figure n° 60: stabilisation du mur par	p 71
Figure n° 61: reprises en sous-sol.....	p 71
Figure n° 62: renforcement des fondations par des poutres longitudinales rattachées par des poutres transversales.....	p 72
Figure n° 63: renforcement de la fondation par une poutre en forme de « L ».....	p72
Figure n° 64: renforcement de la poutre par la mise en tension.....	p73
Figure n° 65: disposition du tirant au niveau de la naissance de la voute.....	p 74
Figure n° 66: épingle protégée ancré dans le mur pour renforcement	p 76
Figure n° 67: remplacement des parties lézardées par des agrafes métalliques.....	p 76
Figure n° 68: renforcement par des briques, liaison commune aux deux murs.....	p 77
Figure n° 69: renforcement des deux murs en L par des fers plats en T	p77
Figure n° 70: renforcement de la liaison des deux murs en T par des fers plat en T.....	p77
Figure n° 71: renforcement du système d'arcature.....	p 78
Figure n° 72: système de réglage périodique	p 78
Figure n° 73: renforcement des arcs par des tirants (chainage périphérique).....	p78
Figure n° 74: pose de boutisse après réduction du bouffement par étaieement.....	p79

Liste des photos

Photo n°1: Préparation de pise	p8
Photo n°2: Préparation de l'adobe	p8
Photo n°3: Préparation de Torchis	p9
Photo n°4: Préparation de Torchis.....	p9
Photo n°5: Toit construit par le bois de palmier	p10
Photo n°6: Les Branchages	p10
Photo n°7: Le Bambou Et Le Roseau	p11
Photo n°8: La paille	p11
Photo n°9: Les Tours Du Vent	p13
Photo n°10: La vallée du M'Zab	p15
Photo n°11: village de Djebba	p15
Photo n°12: habitat aurassiennes	p17
Photo n°13: village de Gouffi	p17
Photo n°14: Mouvement de terrain dans une zone d'habitation	p20

Photo n°15: Le résultat d'un séisme.....	p21
Photo n°16: Système de construction traditionnelle Dhajji	p30
Photo n°17: Fort de Beecham, Pakistan	p30
Photo n°18: Haïti, une « Gingerbread House» après le tremblement de terreux 12 janvier 2010	p32
Photo n°19: Une maison à Salvador	p33
Photo n°20: Renforcement horizontal	p34
Photo n°21: Mur en bambou et terre	p34
Photo n°22: Ferme en bois.....	p34
Photo n°23: Connexion poteau charpente	p34
Photo n°24 : bhunga traditionnelle en baug	p35
Photo n°25 : Bhunga renforcée avec bambou	p35
Photo n°26 : Bhunga en pisé stabilisé	p35
Photo n°27 : Renforts horizontaux des murs	p36
Photo n°28 : Hakka houses China	p36
Photo n°29 : (a) ossature en bois avec clissage, (b) clissage, tressage, (c) clissage, mortier appliqué sur les deux côtés du panneau	p37
Photo n°30: (d) ossature en bois avec tiwoch (e) tiwoch, endommagement dû au séisme ; (f) palmiste, abris d'urgence post-séisme réalisée par la population	p37
Photo n°31 : Ancienne vue du quartier Derb-Tobbana et du ravin et vue l'ensemble de Tigditt	p40
Photo n°32 : Mur à Tigditt Chaînage d'angle	p43
Photo n°33 : Intérieur de maison Kabyle- 1900	p51
Photo n°34 : fenêtre de maison kabyle	p52
Photo n°35 : porte de la maison kabyle	p52
Photo n°36 : Vues sur les escaliers droits village Boudjlil, Bejaïa	p52
Photo n°37 : les différentes couches du mur	p54
Photo n°38 : Structure flexible(les arcades dans le patio) Le palais Mustapha Paca	p56
Photo n°39 : arc de contreventement Palais des Rais	p57
Photo n°40 : Détail plancher	p58

Liste des abréviations

CSL : Cultures Sismiques Locales

CUEBC : le Centra Universitaire Europeo per i Beni Culturali

IPN : Poutrelle a profil normal

PAW : Plan d'aménagement de la wilaya

RPA : La réglementation parasismique Algérienne

UNESCO : Organisation des Nations unies pour l'éducation la science et la culture

Introduction générale

Introduction

Nombreuses sont les réalisations architecturales qui sont conçues comme une architecture traditionnelle voire même vernaculaires, qui témoins de la création humaine sont considérées à travers le monde comme monuments d'une grande valeur.

Ce modèle d'architecture constitue une large part du patrimoine bâti en Algérie, et présente une architecture spécifique d'un territoire et de ses cultures constructives.

L'architecture dite traditionnelle est conçue par l'utilisateur lui-même, selon des procédés traditionnels, en parfaite symbiose et harmonie avec le site, malgré le manque des moyens : matériaux de construction locaux, manque de la technique et la technologie d'aujourd'hui, cette architecture a laissé un cachet spécifique de chaque région, qui a transmette un message culturel de la population vécue dans la région à travers des siècles.

A Travers le temps les constructions ont connu une évolution, avec des nouveaux matériaux de construction et une conception nouvelle, oscillant entre un aménagement moderne et une utilisation traditionnelle, ce qui a engendré l'abandon de la préservation de l'habitat traditionnel malgré ses valeurs multiples.

Aujourd'hui, l'évolution des matériaux et des techniques de construction a permis de créer un nouveau mode de construction. Par contre les constructions traditionnelles qui ont été construites avec des matériaux et des techniques locaux réussissent à fournir du confort aux habitants, respectant l'environnement.

Cette architecture héritée du passé et qui porte en elle les marques du passage du temps, et les dégradations engendrées par la main de l'homme qui agresse son environnement ont des séquelles sinistres, menacent des vies humaines et transforment de nombreuses constructions en ruines.

La notion de risque naturel se distingue de celle de phénomène naturel. Les risques naturels peuvent être: d'origine climatique tel que **les inondations, les tsunamis, les cyclones...** Et d'autre d'origine géologique tel que **les mouvements de terrain, les éruptions volcaniques, les avalanches, les séismes.**

Chaque année les dégâts causés par les risques naturels dans le monde sont plus en plus importants, Situé dans une zone critique qui est l'intersection des deux plaques, à savoir la plaque africaine et la plaque eurasiatique, le nord de l'Algérie est susceptible d'être soumis à d'importantes secousses sismiques, d'où la nécessité de préconiser et prévoir des actions

Introduction générale

susceptibles de renforcer les structures traditionnelles vis-à-vis des dégâts souvent irréversibles engendrés par les séismes.

Problématique

Un séisme ou tremblement de terre est une secousse du sol résultant de la libération brusque d'énergie accumulée par les contraintes exercées sur les roches. Cette libération d'énergie se fait par rupture le long d'une faille, généralement préexistante.

Située dans une zone critique qui est l'intersection des deux plaques, à savoir la plaque africaine et la plaque eurasiatique, l'Algérie est susceptible d'être soumise à d'importantes secousses sismiques.

Au cours de son histoire, l'Algérie a connu des séismes destructeurs, au vu de constatations faites durant ces séismes, Les différents cas de dommages observés, ont révélé la vulnérabilité des structures avec remplissages en maçonnerie. En effet, cette typologie a connue beaucoup d'effondrements.

L'analyse des dommages subis par les structures a mis en évidence leur vulnérabilité au séisme. Ce constat a suscité la nécessité d'imposer de nouvelles prescriptions, plus restrictive, qui est le règlement parasismique Algérien RPA 2003.

Architectes et ingénieurs ont collaboré ensemble pour enraciner la culture de construction parasismique dont le but principal est de sauver les vies humaines en résistant à des séismes mineurs sans dommages significatifs, des séismes modérés avec des dommages réparables et à des séismes majeurs sans effondrement, cela à travers le respect des règles de conception et de construction parasismique sans omettre le choix rationnel par rapport aux matériaux utilisés.

Cet intérêt a été porté de manière particulière sur les projets de nouvelles conceptions, les opérations de confortement à la suite des séismes ont ciblé essentiellement les conceptions à structure « moderne ».

Les structures traditionnelles, notamment l'habitat traditionnel sont restés à la queue de tout intérêt de prise en charge et surtout prévention à l'encontre de menaces émanant des aléas naturels notamment les séismes. Très rares sont les études ou les travaux entrepris dans l'optique de palier aux incohérences pouvant causer des pertes considérables dans les sphères de l'habitat traditionnel, et pourtant, il constitue une large part de notre patrimoine national.

Introduction générale

De ce fait, quelques questionnements se sont imposés à nous durant notre travail, à savoir :

- ✓ De quelle manière devons-nous intervenir sur ce type d'habitat faisant partie de notre patrimoine en vue de le conserver et consolider ?
- ✓ Quelle technique faudrait-il adopter pour la prise en charge de ce patrimoine en péril ?

Les Hypothèses

Pour répondre aux questions de recherche soulevées dans la problématique les hypothèses suivantes sont formulées :

- ✓ Les interventions visant la consolidation de l'infrastructure au même titre que la superstructure pourraient faire face aux frappes sismiques d'intensités différentes.
- ✓ Des nouvelles techniques légères et mesures parasismiques déjà utilisées pourraient contribuer à améliorer la vulnérabilité sismique dans nos habitats.

Methodologie de recherche

Afin de répondre et vérifier les hypothèses préalablement arrêtés, deux approches nous semblent nécessaires pour mener à bien ce travail : une approche théorique et une autre opérationnelle.

- ✓ **La partie théorique** : consacrée essentiellement à l'analyse des concepts liés à l'architecture traditionnelle et concept sismique et qui s'articulera sur une recherche bibliographique et documentaire pour explorer la thématique sous ses différents angles. Ensuite une recherche sur la conception parasismique des bâtiments (principes et techniques) serait nécessaire.
- ✓ **La Partie opérationnelle** : constituera l'aboutissement de notre travail, elle sera consacrée à l'étude de l'échantillon et à la vérification des hypothèses, afin de pouvoir les infirmer ou affirmer et dans laquelle synthèse attentive des faits, la description, et la déduction seront les moyens utilisés.

Structure du travail

Le présent mémoire se compose de quatre chapitres complémentaires, précédés par une introduction générale et terminés par une conclusion générale :

- ✓ **Introduction générale**

Introduit le sujet sous sa forme problématique, les hypothèses de l'étude. Elle comporte le préambule, la problématique, les hypothèses, la méthodologie de recherche ainsi que la structure de la mémoire, C'est une ouverture préparatoire sur le thème d'étude et le problème de recherche portant sur l'architecture traditionnelle algérienne, les menacés les risques

Introduction générale

naturels auxquels elle est confrontée et particulièrement le séisme qui constitue le risque majeur dans ce type d'architectures.

✓ **Le premier chapitre**

Permettrait dans un premier temps de préciser la notion d'architecture traditionnelle. Il s'agit de bien cerner cette thématique en la compréhension des notions de base, ainsi que les aléas naturels, particulièrement les séismes.

✓ **Le deuxième chapitre**

Aborde les risques naturels en général, et plus précisément les séismes et l'impact de séisme sur le bâtiment et les modes de déformation de bâtiment sous l'effet de séisme.

Aussi que nous nous intéressons aux différentes mesures et méthodes et techniques liées à notre thème de recherche.

✓ **Le troisième chapitre**

S'intéressera sur l'étude analytique des exemples de l'habitat traditionnel, les méthodes et les modes de leurs constructions

✓ **Le quatrième chapitre**

Se focalise sur l'élaboration des scénarios et des méthodes qui est considérée comme le couronnement de ce travail de recherche. Il consiste à présenter simplement des connaissances récentes sur la façon de protéger ce type d'habitat contre les séismes.

✓ **la Conclusion générale**

Expose le fruit que nous avons résumé de ce travail et montre les principes et les technique ou mesures de la conception parasismique que nous peut utiliser dans les projets, des recommandations architecturales et techniques seront établies pour l'application de la conception parasismique dans l'habitation traditionnelle.

CHAPITRE I : L'ARCHITECTURE TRADITIONNELLE ET LA REHABILITATION

Introduction

L'architecture traditionnelle a suscité l'intérêt des professionnels depuis même les premières idéologies orientalistes de la renaissance. Sa compréhension nécessite l'acquisition d'un ensemble de notions ainsi que de connaissances d'où l'importance d'une mise au point conceptuelle.

Ce chapitre va rassembler tous les fondements théoriques et les concepts relatifs à l'architecture traditionnelle, ainsi que les méthodes de sa prise en charge. Il est important de décrypter cette architecture dans toute sa plénitude, appréhender son essence et sa portée symbolique à travers le temps et l'espace.

1. Notions et concepts de base de l'architecture traditionnelle

1.1. Tradition

Le terme "tradition" vient du latin " traditio" qui désigne non pas une chose transmise mais l'acte de transmettre. Dans des travaux récents, la notion de tradition pour l'Ethnologie, n'est pas en divergence avec la signification courante du terme « tradition », mais se confond assez généralement avec elle dans le sens d'une culture particulière. Cette culture se situe dans un cadre culturel spécifique à une période d'histoire définie et s'abolit dans un présent nouveau.

Selon G. Lenclud, les termes de tradition et de société traditionnelle sont associés à la pratique de l'ethnologie qui cherche dans les formes traditionnelles de la vie sociale. En Ethnologie, le terme "traditionnel" contribue à la consolidation d'un cadre de référence intellectuelle constitué par un système d'oppositions binaires (tradition/changement, société traditionnelle/société moderne).¹

Aussi « le terme tradition indique qu'une figure continue de représenter quelque chose de génération en génération »²

1.2. L'architecture traditionnelle

Le mot tradition –rappelle Adorno- vient du verbe latin tradere « remettre, transmettre ». Il s'agit ici du lieu entre les générations, le fait de transmettre, d'un membre à un autre, un héritage, y compris, bien entendu, la tradition artisanale.

¹ G. Lenclud : La tradition n'est plus ce qu'elle était... Revue terrain N° 9, octobre 1987), PP.110-123.

² CH. Norberg-Schulz : L'Art du lieu, Architecture et paysage, permanence et mutations. Edit. Le Moniteur 1997. P.201.

CHAPITRE I : L'ARCHITECTURE TRADITIONNELLE ET LA REHABILITATION

De point de vue architectural, l'architecture traditionnelle, indépendamment des pays et des époques, représente l'ensemble des édifices conçus par des cultures artisanales et artistiques.

L'architecture traditionnelle est celle qu'un groupe culturel construit par les utilisateurs eux-mêmes, pour sa vie quotidienne, c'est une architecture qui reflète ses besoins, désirs et ses valeurs culturelles. Elle évolue avec la tradition qui la construit, elle n'est ni conçue ni réalisée par un professionnel, mais c'est l'ensemble des valeurs. La tradition est source de savoir-faire de règles et c'est elle qui est la garante de la cohérence entre usages et croyances, elle est la concrétisation d'un style de vie.

Elle est caractérisée par :

- ✓ Une forme qui soit le cadre pour le déroulement d'un certain mode de vie.
- ✓ Intégration au site : les formes ne violent pas le site et l'environnement mais s'y adaptent. les formes, les couleurs et les matériaux ne jurent pas avec tout ce qui les entoure.
- ✓ Respect des voisins surtout la préoccupation dans l'architecture traditionnelle d'éviter le vis-à-vis.

1.3. Ville traditionnelle

Parler de la ville traditionnelle correspond à l'époque actuelle, c'est la ville médiévale ou préindustrielle, organisée sous forme d'une entité compacte, homogène fortifiée et parfaitement bien délimitée. Elle se compose :

- ✓ D'un centre, lieu de rencontre, de culte et d'établissement des activités.
- ✓ Des quartiers en majorité résidentiels.
- ✓ L'unité de la ville est forcément due à la très forte hiérarchie des voies et des places rendue possible grâce à une superficie assez restreinte.

1.3.1. La ville traditionnelle du bassin méditerranéen

Le bassin méditerranéen, et plus précisément le Maghreb semble avoir été de tout temps le passage obligé des civilisations les plus remarquables : Grecques, Romains, Byzantins, Musulmans, se sont succédé sur ses terres l'imprégnant à tout jamais de leur génie créateur.

Dans un processus naturel d'évolutions, chacune de ces civilisations s'est implantée sur les vestiges de l'autre. Aujourd'hui nous ne gardons que les ruines comme témoignage éternel de leur savoir-faire. Néanmoins les médinas musulman-ottomanes déterminent encore l'identité et la culture religieuse.

CHAPITRE I : L'ARCHITECTURE TRADITIONNELLE ET LA REHABILITATION

1.3.2. La médina

La médina, étymologiquement la ville, Médine désigne la ville arabe par opposition à la ville européenne, c'est un cadre et une structure sociale. Le cadre urbain est fortement marqué d'une empreinte religieuse structurante, la trame urbaine est un enchevêtrement de ruelles sinueuses et hiérarchisées, permettant de respecter l'intimité de l'espace privé et de l'individu³

Le centre, cœur de la médina, est l'espace de rencontre par excellence, on y retrouve d'ailleurs la mosquée et les espaces commerciaux, La structure sociale est caractérisée par une forte adhésion, mais également par une séparation entre espaces publics (la rue, le derb) spécifiques aux hommes, et les espaces introvertis (les maisons, les patios et les terrasses) pour les femmes.

Donc La médina est un espace harmonieux et fonctionnel qui répondait aux besoins de ses usagers. La raison d'un tel résultat est simple : elle était faite par et pour ses habitants, un espace où il n'y avait pas d'opposition entre le contenu et le contenant, un espace sur mesure à l'échelle de l'homme.

1.4.Habitat traditionnel

« L'être s'affirme par la présence avant de s'affirmer par l'action »⁴. L'habitat est défini comme une présence localisée et une forme de groupement d'individus déterminée par un cadre naturel et fonctionnel qui supporte et environne ce groupement. Ainsi il se définit à la fois d'une manière géométrique déterminant un point de localisation qui est le lieu où une forme de lieu autant qu'un espace qualifié, et d'une manière arithmique par rapport au nombre d'individus résidants ensemble en un même lieu⁵.

L'habitat traditionnel compose la plus grande partie de l'environnement bâti de l'homme, l'analyse de la conception et de l'utilisation de cet habitat font apparaître pleinement toutes les richesses, la somme extraordinaire de connaissances techniques (particulièrement en termes d'économie d'énergie et de matériaux) de possibilité d'adaptation contenue dans l'habitat traditionnel fait partie du patrimoine humain⁶.

On peut prendre la définition suivante :

- ✓ L'habitat traditionnel a pour point de départ les besoins et l'application de savoir-faire de l'humain, selon Hassan Fathi : « Tout peuple qui a produit une architecture a dégagé ses lignes préférées qui lui sont spécifiques que sa langue, son costume ou son folklore...

³ KURZAK, Anne-Claire. « Patrimonialisation et ségrégation en médina », [http:// :www.univ-angers.fr](http://www.univ-angers.fr) (page du 13 – 16).

⁴ M. Le Lannou, « La Géographie humaine », Paris, Flammarion, Bibliothèque de Philosophie scientifique, 1949.

⁵ P.George, « Sociologie et géographie », collection SUP, presses universitaire de France 1972.

⁶ Akchiche. Z. (2011). Étude de comportement d'une cheminée solaire en vue de l'isolation thermique, Mémoire Présenté pour l'obtention du diplôme de Magister, université kasdi Merbah Ouargla. Page 21.

CHAPITRE I : L'ARCHITECTURE TRADITIONNELLE ET LA REHABILITATION

rencontrait sur toute la terre des formes et des détails architecturaux locaux, et les constructions de chaque région étaient le fruit merveilleux de l'heureuse alliance de l'imagination du peuple et des exigences de l'espace »⁷.

2. Les matériaux et La méthode de construction

2.1. Les matériaux

Les matériaux de construction utilisés dans ce type d'habitat sont d'origine locale ou régionale : Pour la survie de la communauté locale, l'état des ressources était connu et faisait l'objet d'une attitude de prévoyance. La mise en œuvre de ces matériaux étant pratiquée depuis de nombreuses générations, le choix des matériaux se fait soit en fonction de leurs caractéristiques physiques reconnues, soit en fonction de facteurs culturels ou économiques.

2.1.1. Matières minérales

2.1.1. 1. La terre

L'emploi de la terre se retrouve un peu partout sur le globe, Les différents types de terre utilisées en construction selon la fonction et les techniques utilisées, qui se basent sur des mélanges de compositions différentes et s'associe souvent à des murs avec soubassement en brique :

- ✓ Construction en briques de terre crue, façonnées puis séchées.
- ✓ Construction en bauge qui utilise un mélange de terre argileuse et de fibres d'origine végétale comme la paille avec un peu d'eau.
- ✓ Construction en pisé qui utilise une terre argileuse à près de 30% et agrémentée en sable. La terre est tassée dans des panneaux de coffrage.
- ✓ Construction en torchis qui utilise un mélange à base de terre et de chanvre ou de terre et de paille.

la terre utilise largement dans l'architecture traditionnelle a cause de leur caractéristiques ou elle considéré comme un bon isolant phonique et thermique des murs et perméable à la vapeur d'eau, et aucun risque d'allergies, excellente tenue dans le temps, grande liberté de composition architecturale, et ne demande quasiment pas d'énergie pour sa production.

2.1.1. 2. Le pisé

Le pisé est une maçonnerie de terre relativement graveleuse (sans adjonction de paille) comprimée à l'intérieur d'un coffrage à l'aide d'une masse en bois ou par piétinement.

⁷ Hassen Fathi, « Construire avec le peuple », J Martineau, Paris, 1970.

CHAPITRE I : L'ARCHITECTURE TRADITIONNELLE ET LA REHABILITATION



Photo 1: préparation de Pise
Source : www.futura-sciences.com

2.1.1. 3. L'adobe

L'adobe consiste en la fabrication de briques avec la terre à l'aide de moules en bois dans lesquels on dispose le mortier de terre que l'on compacte légèrement. Ces moulages sont ensuite séchés au soleil et utilisés comme parpaings montés à l'aide de mortier de terre.



Photo 2: préparation de l'adobe
Source : www.futura-sciences.com

2.1.1. 4. Le torchis

Le torchis est un mélange de terre et de paille coupée ou de bouses. Ce mélange est appliqué sur une armature faite de pieux verticaux et d'un tressage de branchages. Dans ce cas, la terre ne joue qu'un rôle de remplissage. Le torchis est aussi utilisé sans armature pour la construction de coupes ou de greniers. Le torchis est encore utilisé comme enduit de recouvrement de maçonnerie.

CHAPITRE I : L'ARCHITECTURE TRADITIONNELLE ET LA REHABILITATION



Photo 3: préparation de Torchis
Source : www.futura-sciences.com

2.1.1. 5. La boule de terre

La boule de terre ou colombin est un mélange de terre et de paille, pétri à la main, les murs sont montés en spirale par lits successifs. Ce procédé est caractéristique de la construction de greniers sahélien.

2.1.1. 6. La chaux

La chaux s'obtient par calcination de la pierre à chaux. Mélangée avec du sable et de l'eau, elle forme des mortiers qui durcissent à l'eau. La fabrication de la chaux se fait artisanalement dans les fours rudimentaires ou la température n'est qu'approximative.

2.1.1. 7. La pierre

D'une façon générale c'est la roche qu'est utilisée, soit à l'état brut avec un mortier, soit taillée à joint vif. Dans la construction en terre, la pierre est souvent utilisée pour la fondation



Photo 4: Exemple d'une maison construite par la pierre
Source : www.futura-sciences.com

2.1.2. Matières végétales

On peut parler d'agro-architecture car certains peuples font pousser des plantes spécialement pour la construction comme : bois, tranche d'arbre, branchages.

CHAPITRE I : L'ARCHITECTURE TRADITIONNELLE ET LA REHABILITATION

2.1.2. 1. Le bois de palmier

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



Photo 5: Toit construit par le bois de palmier
Source : www.futura-sciences.com

2.1.2. 2. Les branchages

Plusieurs branches liées entre elles permettent de réaliser des éléments de charpente lorsque le palme fait défaut. Les branchages entremêlés constituent des éléments de claustre dans les régions humides.



Photo 6 : Les Branchages
Source : www.futura-sciences.com

2.1.2. 3. Le bambou et le roseau

Le bambou et le roseau sont cultivés pour la construction. Ils sont utilisés en lits continus posés sur les poutres pour retenir la terre damée constituant les planchers d'étages. Ils servent aussi pour la confection de nattes tresses ou de panneaux ligatures des toitures dans les régions chaudes. Le roseau est également utilisé pour la confection des coffrages de voûtes dans les constructions en terre.

CHAPITRE I : L'ARCHITECTURE TRADITIONNELLE ET LA REHABILITATION



Photo 7: Le Bambou Et Le Roseau
Source : www.futura-sciences.com

2.1.2.4. La paille

La paille, bien que fréquemment utilisée dans la construction, est néanmoins réservée en priorité aux animaux. Toutefois, elle est indispensable pour la fabrication des enduits à base de terre ou comme armature de liaison dans certains murs en pisé.



Photo 8: La paille
Source : www.futura-sciences.com

2.1.3. Matières animales

Les troupeaux sont en général toute la richesse des peuples nomades. Ils leurs assurent la subsistance (lait, viande) ; le vêtement (laine et cuir) et leur fournissent aussi des matériaux de construction pour la structure ou la couverture de leurs habitations.

2.1.3. 1. La peau

Le cuir est le plus en plus rarement utilisé pour la couverture des tentes nomades.

Les Touaregs du Sahara confectionnent encore leurs tentes avec des peaux, il faut plusieurs dizaines de peaux de chèvres, de mofflons ou de moutons pour une seule tente.

2.1.3. 2. La laine

La laine est utilisée pour la couverture des tentes de nomades en Afrique du nord. Ces tentes sont faites de longues bandes tissées en poils de chèvres ou de chameaux et s'utilisent ensemble pour former de grandes surfaces.

CHAPITRE I : L'ARCHITECTURE TRADITIONNELLE ET LA REHABILITATION

2.2. Techniques de construction

2.2.1. La ventilation naturelle

2.2.1.1. Circulation de l'air dans les habitations

La ventilation naturelle d'un bâtiment est provoquée par les déplacements d'air engendrés par deux phénomènes physiques :

2.2.1.1.1. Les mouvements d'air par la pression du vent

Un bâtiment placé dans un courant d'air fait ralentir le vent et s'accumuler l'air du côté au vent, provoquant ainsi une zone de haute pression. Sur le côté opposé, se crée une zone de basse pression. Ce sont ces différences de pression qui engendrent la ventilation intérieure du bâtiment.

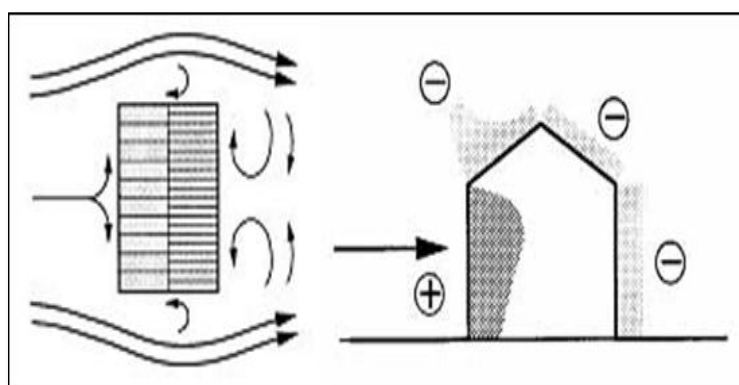


Figure 1 : mouvements d'air par la pression du vent
Source : Architecture Traditionnelle

2.2.1.1.2 .Les mouvements d'air provoqués par des différences de température

L'air extérieur et l'air intérieur ne sont pas à la même température et n'ont donc pas le même poids. L'importance de cette ventilation est fonction des différences de température et de la hauteur des Ouvertures.

2.2.2. Le moucharabieh

C'est un genre de treillis de bois entrelacé ménageant des petits trous qui permettent de filtrer les rayonnements solaires tout en évitant l'éblouissement qui garantissent une bonne ventilation et qui empêchent les insectes de pénétrer. Ce dispositif est souvent en saillie pour mieux capter les vents; nous ne parlerons pas du poste d'observation idéal qu'il constitue pour les femmes musulmanes essentiellement.

CHAPITRE I : L'ARCHITECTURE TRADITIONNELLE ET LA REHABILITATION

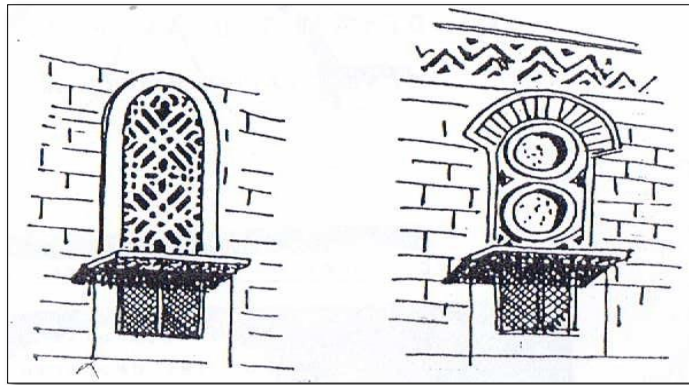


Figure 2: Le Moucharabieh
Source : Architecture Traditionnelle

2.2.2. Prises d'air

Une répartition judicieuse de petites ouvertures en façade favorise la convection naturelle de l'air en utilisant la différence de pression ou de densité de l'air.

2.2.2.1. Les tours du vent

Pour "climatiser" les habitations dans certaines régions arides de l'Iran, on a recours aux tours de vent qui captent les vents dominants.

Une "tour du vent" est une cheminée dont l'une des extrémités débouche dans l'intérieur du bâtiment. Quant à la partie supérieure, elle est constituée de plusieurs canaux verticaux qui communiquent avec des ouvertures sur les côtés de la tour.

Cette "tour du vent" fonctionne de plusieurs façons selon l'heure du jour et la présence ou non du vent.

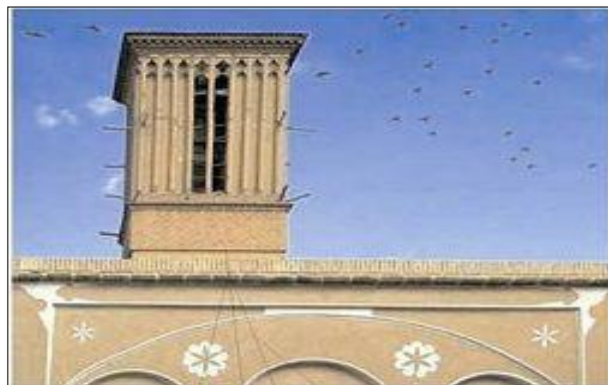


Photo 10: Les Tours Du Vent
Source : www.futura-sciences.com

2.2.3. Protection solaire

2.2.3.1. Protection des façades

Dans les climats secs et torrides, on fait appel à de multiples dispositifs architecturaux afin de créer des ombres portées sur les façades atténuant ainsi l'échauffement des murs et des

CHAPITRE I : L'ARCHITECTURE TRADITIONNELLE ET LA REHABILITATION

fenêtres, dans les régions sud-méditerranéennes, les fenêtres sont pourvues de persiennes basculant sur un axe horizontal

2.2.3.2 .Protection des toitures

La double enveloppe ventilée en toiture assure une protection solaire idéale. La couche extérieure absorbe les fortes fluctuations thermiques alors que la température de la couche intérieure présente peu de variations grâce à cette ventilation intermédiaire.

3. Architecture traditionnel en Algérie

L'Algérie est ainsi connue par les constructions traditionnelles conçues par sa propre population qui se varie d'une région à l'autre selon plusieurs facteurs, qui ont joué un rôle important pour donner un cachet architectural spécial d'une région, parmi ces facteurs on peut citer : le climat, le site, les matériaux de constructions locaux, besoin de défense, ressources et activités, pour répondre aux exigences de l'être humain et assurer son confort avec des moyens rudimentaires.

En Algérie, l'habitat traditionnel occupe une place importante dans la constitution de son patrimoine bâti. Il se traduit par une variété à travers tout le territoire de ce pays, de la médina d'Annaba à l'est à la médina de Tlemcen à l'ouest en passant par les villages de la grande Kabylie, de la médina d'Alger au nord à la ville du Mzab au Sud en passant par les ksour des hauts plateaux.

4. Exemple d'habitat traditionnelle en Algérie

« L'espace est la résultante et le produit des activités sociales. » Henri Lefebvre, (1981).

L'Algérie est riche par l'habitat traditionnel et ces populations sont rattachées à la terre, à l'agriculture et à l'élevage, à la vie en communauté, au partenariat et à l'entraide, cela s'est reflété sur la production de type de figures au niveau du territoire rural.

4.1. M'Zab :

Le paysage de la vallée du M'Zab, créé au Xe siècle par les Ibadites autour de leurs cinq ksour, ou villages fortifiés, semble être resté intact. Simple, fonctionnelle et parfaitement adaptée à l'environnement, l'architecture du M'Zab a été conçue pour la vie en communauté, tout en respectant les structures familiales. C'est une source d'inspiration pour les urbanistes d'aujourd'hui, il est classé patrimoine mondial en 1982 par l'UNESCO.

CHAPITRE I : L'ARCHITECTURE TRADITIONNELLE ET LA REHABILITATION



Photo11 : La vallée du M'Zab.

4.2. Kabyle

La région de Kabylie renferme de magnifiques sites et paysages parmi lesquels le massif montagneux du Djurdjura et la vallée de la Soummam qui recèlent de nombreux villages habités par une population de culture berbère. Ces villages présentent des maisons dotées d'une architecture témoignant de la culture et de la mémoire collective de la société qui s'y est établie depuis maintenant plusieurs siècles.

L'architecture traditionnelle kabyle, telle que construite par nos ancêtres, répondait à une certaine logique constructive. C'était une architecture évolutive, elle se transformait lentement au fur et à mesure des besoins des occupants ; elle présentait notamment l'avantage de ne pas dénaturer le paysage. La richesse de cette architecture est indéniable à l'égard des potentialités qu'elle offre.

Le village Kabyle est localisé sur les hauteurs. Sur les crêtes, les maisons se localisent sur le sommet et descendent progressivement vers le bas jusqu'à former un ensemble circulaire. Sur les plateaux élevés, elles se succèdent du haut vers le bas. Les maisons dans un village Kabyle sont perpendiculaires aux courbes de niveaux.

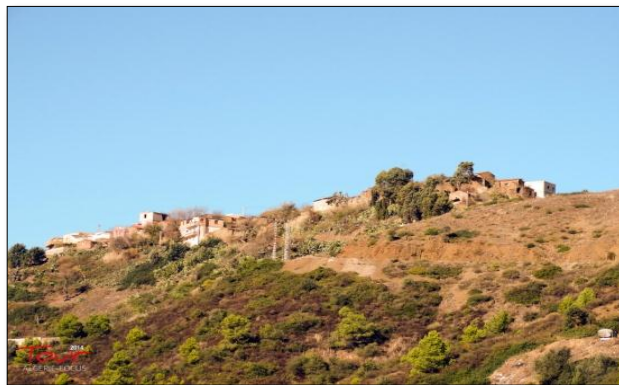


Photo 12 : village de Djebba

CHAPITRE I : L'ARCHITECTURE TRADITIONNELLE ET LA REHABILITATION

4.3. Aurassien

L'AURS, Massif montagneux de l'Algérie, situé à l'est de l'Atlas saharien dans le département de Batna entre les monts de Tébessa à l'est, les monts du Hodna au nord-ouest, les monts du Zibans au sud-ouest. Il culmine au djebel Chelia à 2328 m. L'Aurès est peuplé de Berbères, de Zénètes et de Chaouia. Villes principaux : Arris, Batna, Khenchela, Tazoult, Biskra, El Kantara, Timgad.

Fruit d'une symbiose ancestrale entre un site aux caprices nombreux et une profonde identité culturelle, le mode d'habiter dans les déchras aurassiennes est un des derniers témoignages, encore vécu, d'une organisation spatiale ancestrale. Toute la symbolique de la relation homme lieu de vie demeure encore présente dans toute sa diversité et son originalité.

Vieille citadelle berbère, l'Aurès a l'originalité d'une position de transit, formant une barrière naturelle entre les hauts plateaux constantinois et le Sahara, sur laquelle viennent buter tous les nuages qui arrivent du nord. « Ce massif imposant surgit entre le Sahara et les Sbakhs, les voyageurs le découvrent de loin, le considèrent toujours avec une religieuse curiosité, comme le mur derrière lequel il se passe quelque chose »⁸.

Pour l'habitat, il est organisé de manière hiérarchisée : son accessibilité s'établit de la rue à l'impasse, à la Skiffa pour enfin arriver à l'habitation⁹, La typologie de l'habitation est une maison à patio qui offre une réduction de la proportion des murs extérieurs par rapport aux murs intérieurs, ce qui réduit l'influence du climat (ensoleillement, vent) sur l'ambiance intérieure, sachant que les échanges thermiques se produisent entre l'enveloppe intérieure (mur entourant le patio) et l'enveloppe extérieure (mur extérieur et toiture), L'accès au patio, il se matérialise par le biais d'une skiffa, un espace intermédiaire qui sert de seuil.

L'association d'un petit patio ombragé avec un plus grand ensoleillé, sert à produire un courant d'air entre eux, le résultat de cette organisation est alignements de pièces autour de patio servent de circuit d'air horizontal, ce qui va améliorer les dispositifs de captation de l'air pour une meilleure ventilation.

⁸ Sarnia ADJALI HABITAT TRADITIONNEL DANS LES AURES Editions du CNRS p.271

⁹ S. Missoum, Alger à l'époque ottomane, édition EDISUD, 2003, page 231

CHAPITRE I : L'ARCHITECTURE TRADITIONNELLE ET LA REHABILITATION

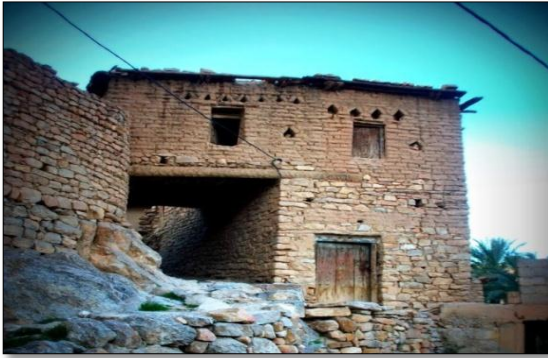


Photo12 : habitat aurassiennes

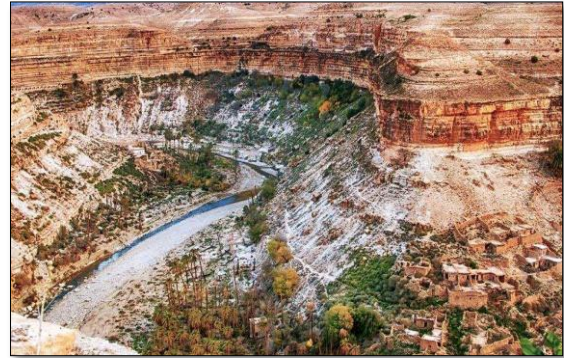


photo13 : village de Gouffi

5. Interventions pour la conservation de l'habitat traditionnel

5.1. Réhabilitation et Réhabimed

« La réhabilitation suppose le respect du caractère architectural des bâtiments »¹⁰. Une réhabilitation c'est : réaménager un bâtiment ou local en gardant l'aspect extérieur et en y améliorant le confort intérieur. La réhabilitation suppose le respect du caractère architectural des bâtiments. En d'autres termes, il s'agit de conserver une partie d'un ouvrage (façade ou structure, entièrement ou en partie) et en remanier plus ou moins profondément une autre.

Bien généralement, la réhabilitation concerne les bâtiments anciens ou d'une façon générale l'architecture traditionnelle comme les granges, les vieilles fermes, les anciennes églises... Le plus souvent, pour des raisons culturelles, lorsqu'une construction est classé monument historique ou qu'elle est inscrite à l'inventaire du patrimoine, la réhabilitation s'impose.

Réhabilitation vient de Réhabimed: est une association d'experts en réhabilitation de bâtiments et en régénération urbaine. Elle a été créée en 2009 pour réunir l'expérience de plus de 20 ans de travail conjoint avec des institutions et des organisations dans plus de 40 pays méditerranéens.

Réhabimed travaille de nos jours un peu partout dans le monde entier à la promotion de la réhabilitation durable et respectueuse de l'environnement, à la revitalisation sociale et économique des villes, et à l'amélioration environnementale.

L'objet de l'Association RehabiMed est de promouvoir la réhabilitation du parc bâti et le développement durable en Europe et en Méditerranée .

5.2. Objectif de réhabilitation

¹⁰ <https://www.rencontreunarchi.com/blog/quest-ce-quune-rehabilitation>

CHAPITRE I : L'ARCHITECTURE TRADITIONNELLE ET LA REHABILITATION

Afin de réhabiliter l'architecture traditionnelle d'une manière consciente, ordonnée et adéquate, ce document propose à l'architecte/ingénieur un guide à suivre pendant la réhabilitation des bâtiments traditionnels.

La voie choisie, qui n'est pas nécessairement unique, défend en premier lieu la nécessité de préserver le fait d'habiter, aussi bien dans la perspective d'améliorer les conditions de vie de ses habitants que dans celle de préserver le sens de cette architecture au sein de sa communauté. En deuxième lieu, il s'agit de reconnaître l'architecture traditionnelle comme faisant partie du paysage culturel méditerranéen. La réhabiliter avec un minimum de rigueur implique de transférer aux générations futures ses valeurs patrimoniales (historiques, artistiques, mémorielles, testimoniales, etc...).

5.3. La méthode rehabimed

RehabiMed propose une méthode d'intervention pour la réhabilitation et la revitalisation des centres historiques et des anciens constructions, destinée aux autorités locales et à tous les agents impliqués dans les processus de réhabilitation, qui les aide à la promotion, la planification et la gestion des interventions de réhabilitation. La méthode a pour objectif d'ordonner et de systématiser les étapes du processus de réhabilitation pour leur gestion et leur développement optimums, et de définir les critères qui doivent permettre de réfléchir sur les problèmes et les stratégies à mettre en place pour garantir le succès du processus. Il s'agit d'une méthode ambitieuse, dans l'intention de sensibiliser les pouvoirs publics et les techniciens quant à la complexité de ce type de processus.¹¹

5.3. Principes de la méthode

La méthode propose cinq principes de base du processus de réhabilitation :

- ✓ L'intégration, en comprenant la ville faisant partie d'un territoire à plus grande échelle dans lequel il doit s'insérer et s'articuler dans la perspective de sa singularité historique et non comme une enclave isolée.
- ✓ La globalité, en considérant une vision multisectorielle du processus en termes économiques, sociaux et environnementaux, et non seulement d'un point de vue exclusivement technique ou urbanistique
- ✓ La concertation, un nouveau cadre de gouvernance dans lequel les agents concernés par la réhabilitation s'impliquent dans le processus à la recherche d'un consensus d'action.
- ✓ La flexibilité, en assumant le fait que la longue durée de processus de réhabilitation exige l'évaluation continue de l'intervention ainsi que la possibilité de réorientation.

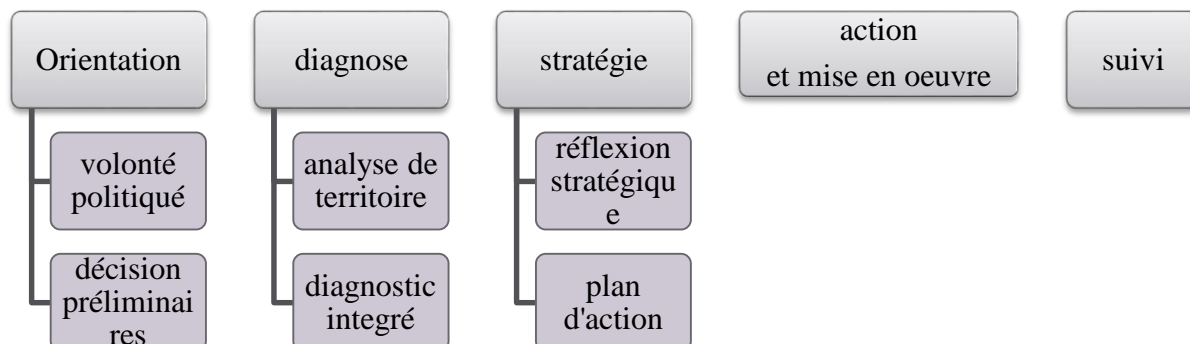
¹¹ LA MÉTHODE REHABIMED, Une approche multidisciplinaire à la réhabilitation urbaine, XAVIER CASANOVAS, Project Manager de RehabiMed, pdf

CHAPITRE I : L'ARCHITECTURE TRADITIONNELLE ET LA REHABILITATION

- ✓ L'adaptation, en définissant un cadre-guide pour faciliter la gestion de la réhabilitation

5.4. Les phases de la méthode

RehabiMed propose par contre une procédure séquentielle, un processus en quatre phases consécutives qui démarrent avec la décision d'agir :



Conclusion

L'objectif de ce chapitre est de cerner les contours des différentes notions : architecture traditionnelle et la réhabilitation pour exprimer l'importance de conserver ce type de l'architecture contre les menaces (surtout les phénomènes naturelles).

L'architecture traditionnelle fait preuve de quelle que soit la période et le lieu de construction, Le patrimoine architectural est le produit d'une culture et de valeurs morales ancestrales inhérentes à la société concernée. Sa conservation permettra de mieux comprendre le mode de vie de cette société, son savoir-faire ainsi que sa grande capacité à s'adapter à l'environnement.

Le but est de conserver l'architecture traditionnelle ou l'identité par la réhabilitation est de renforcer l'architecture traditionnelle qu'est le patrimoine de chaque région par l'amélioration des conditions de vie des habitants, qui sont ceux qui donnent du sens et de la vie à ce patrimoine ; de l'autre, on contribue à la préservation de l'identité historique et culturelle des peuples.

Introduction

Le séisme est la catastrophe naturelle la plus meurtrière connue actuellement sur le globe terrestre dû à ses effets directs (effondrements de bâtiments, chutes d'objets) et aussi par ces phénomènes induits comme le mouvement de terrain ...durant un séisme, les constituants d'un bâtiment réagissent différemment selon leur ductilité, comme nous venons de le voir, selon leur masse et selon les liaisons qui les relient aux autres constituants d'une structure.

Ainsi, grâce aux caractéristiques des matériaux, évaluer l'impact des déformations qu'aurait un séisme.

La construction de l'architecture traditionnelle à base de murs de terre, de pierre ou de brique, les deux premiers matériaux étant les plus fréquents offre peu de résistance aux mouvements sismiques.

1. Quelques définitions liées au séisme

1.1. Tremblement de terre

Ce sont des vibrations de l'écorce terrestre provoquées par des ondes sismiques qui rayonnent à partir d'une source d'énergie élastique créée par la rupture brutale des roches de la lithosphère (partie la plus externe de la terre).¹²

1.2. Les mouvements de terrain

Un mouvement de terrain est un déplacement, plus ou moins brutal, du sol ou du sous-sol. Les mouvements lents entraînent une déformation progressive des terrains, pas toujours perceptible par l'humain. Ils regroupent principalement les affaissements, les tassements, les glissements, le retrait-gonflement.



Photo14 : Mouvement de terrain dans une zone d'habitation.

Source : www.Google.dz

1.3. Les séismes

Un séisme (ou tremblement de terre) correspond à une fracturation (processus tectonique aboutissant à la formation de fractures des roches en profondeur), le long d'une faille

¹²www.planseisme.fr.

généralement préexistante. Cette rupture s'accompagne d'une libération soudaine d'une grande quantité d'énergie qui se traduit en surface par des vibrations plus ou moins importantes du sol. Les vibrations du sol peuvent induire des mouvements de terrain ou la liquéfaction des sols et provoquer également des raz de marée ou tsunamis si leur origine est sous-marine¹³



Photo 15 : Le résultat d'un séisme.
Source : www.Google.dz

1.4. Risque sismique

Le risque sismique désigne les conséquences de l'aléa sismique sur le plan humain, matériel, économique et environnemental.¹⁴

1.5. La sismologie

C'est la Science qui étudie les tremblements de terre naturels ou artificiels, et d'une manière générale à travers la propagation des ondes sismiques¹⁵.

1.6. La zone sismotectonique

Zones géographiques dans lesquelles la probabilité d'occurrence d'un séisme de caractéristiques données (magnitude, profondeur focale) peut être considérée homogène en tout point : ces zones s'articulent en général autour d'une même faille ou d'une même structure tectonique.¹⁶

1.7. Une zone critique

Est un endroit de la structure qui subit des contraintes plus élevées. C'est donc potentiellement là que la dégradation du béton ou sa rupture fragile commenceront.

1.8. Zone sismique

Partie du territoire national dont les limites sont déterminées en fonction de l'aléa sismique

1.9. Intensité

L'intensité caractérise le niveau de sévérité de la secousse au sol, elle témoigne du ressenti de la population, d'éventuels dommages associés sur l'environnement ou sur les constructions.

¹³<http://www.risques.gouv.fr/risques-naturels/seisme>

¹⁴www.dictionnaire-environnement.com.

¹⁵Ibidem

¹⁶www.planseisme.fr.

1.10. La sismicité

C'est la Distribution géographique des séismes en fonction du temps.¹⁷

1.11. La vulnérabilité

Les ouvrages humains (constructions, équipements, aménagements, etc.) ne sont pas tous capables d'absorber et de dissiper, sans dommage (rupture), les efforts transmis par les ondes sismiques. Selon leur nature et leur conception ils sont plus ou moins vulnérables à ces sollicitations.

Des règles de construction parasismique sont imposées pour réduire cette vulnérabilité dans les zones sismiques.¹⁸

1.12. Aléa sismique

L'aléa est une estimation de la probabilité qu'un événement naturel survienne dans une région donnée et dans un intervalle de temps donné. L'aléa sismique est donc la probabilité, pour un site, d'être exposé à une secousse tellurique de caractéristiques données. L'évaluation de l'aléa sismique intègre la magnitude, l'ampleur et la période de retour des séismes.¹⁹

1.13. Une construction parasismique

C'est une construction qui est capable de résister à un niveau d'agression sismique défini réglementairement pour chaque zone de sismicité. Pour ce niveau elle peut alors subir des dommages irréparables mais elle ne doit pas s'effondrer sur ses occupants.²⁰

1.14. L'épicentre

Point de la surface terrestre où un séisme a été le plus intense. (Il est situé au-dessus et à la verticale de l'hypocentre, point souterrain représentant la zone origine du séisme.)²¹

1.15. Déformation élastique :

Déformation réversible qui disparaît après suppression des charges qui l'ont provoqué

1.16. Le contreventement

Le contreventement est un aspect très important de la construction parasismique. Il correspond à l'ensemble des dispositifs permettant d'assurer la stabilité d'un ouvrage vis-à-vis des sollicitations horizontales (vent, séisme, choc, freinage,...) et des sollicitations verticales (masse du bâtiment).

Dans le cas d'une construction parasismique, le contreventement comporte obligatoirement deux familles d'éléments : le contreventement horizontal et le contreventement vertical.

¹⁷www.planseisme.fr.

¹⁸Ibidem

¹⁹Ibidem

²⁰Ibidem

²¹www.larousse.fr.

1.17. Système de contreventement

Ensemble d'éléments de construction assurant la rigidité et la stabilité vis à vis des forces horizontales engendrées par le vent ou le séisme.

2. La naissance du séisme

Un séisme correspond au glissement très brutal de deux parts de l'écorce terrestre appelés compartiments tectoniques, soit au sein de la couverture sédimentaire, soit dans la lithosphère elle-même (les 100 premiers kilomètres de la Terre). Ces compartiments, situés à plus ou moins grande profondeur, se trouvent séparés par une faille. Lorsque le jeu de la faille se produit, des ondes sismiques sont émises : elles se propagent jusqu'à la surface de la Terre où elles peuvent alors être détectées par des capteurs appelés sismomètres et enregistrées par des appareils appelés sismographes.²²

C'est grâce à ces enregistrements dénommés sismogrammes que l'on peut localiser le séisme avec précision et en déterminer sa puissance. Si le séisme est suffisamment fort et si la région est habitée, ces ondes peuvent aussi être ressenties par l'homme et provoquer des dégâts. C'est grâce à ces enregistrements dénommés sismogrammes que l'on peut localiser le séisme avec précision et en déterminer sa puissance. Si le séisme est suffisamment fort et si la région est habitée, ces ondes peuvent aussi être ressenties par l'homme et provoquer des dégâts.

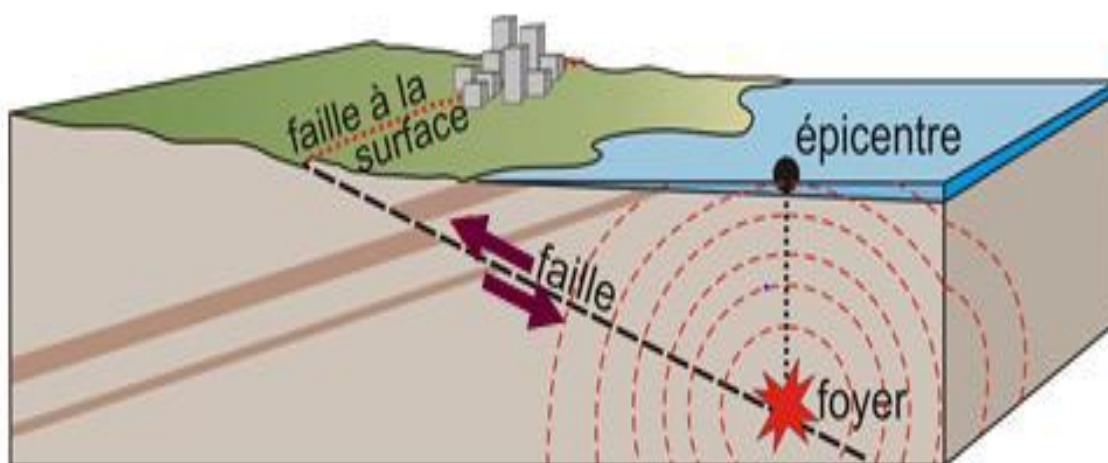


Figure 3 : Mécanisme de rupture entraînant la propagation d'ondes génératrices de tremblement de terre.

Source : MAZARS, J (2008). « Le risque sismique »²³

3. L'impact des séismes sur les structures

Après chaque tremblement de terre majeur, les images de désolation se répètent invariablement. Pour cerner la difficulté du problème, il faut comprendre les particularités des sollicitations

²² MAZARS, J (2008). « les risque sismique « les séisme et leur effet-la conception parasismique » ». Op.cit. p 1

²³ : MAZARS, J (2008). « Le risque sismique »

sismiques et la raison pour laquelle elles sont si redoutables pour les bâtiments. Un séisme est un événement violent et extraordinaire qui peut provoquer l'endommagement, voire même l'effondrement, des structures.

Cependant, si les secousses sismiques provoquent des catastrophes, c'est surtout parce qu'elles agissent sur les structures d'une façon très particulière, bien différente de celle des autres charges. ²⁴

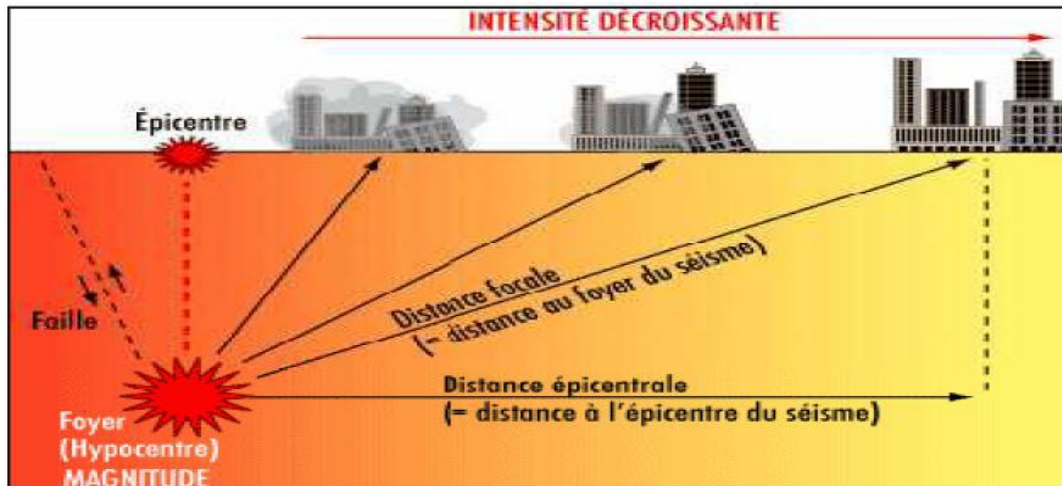


Figure4 : Mouvement et caractéristique d'un séisme²⁵

4. Les modes de déformation de construction lors d'un séisme

Les caractéristiques de chaque élément de la construction et celles de l'ensemble formé par ces éléments et leurs types de liaisons vont conditionner les modes de déformation en fonction des caractéristiques vibratoires du sol d'implantation. Il y a des types de déformation

- ✓ La réaction de traction (lorsque les matériaux d'un bâtiment subissent l'action de deux forces ayant un sens opposé, cela entraîne un étirement des matériaux).
- ✓ La réaction de compression (lorsque les matériaux d'un bâtiment subissent l'action de deux forces ayant un sens opposé, cela entraîne l'écrasement des matériaux qui compose le bâtiment exposé).
- ✓ La réaction de flambage (lorsque les matériaux d'un bâtiment subissent une compression dans leur partie inférieure tandis que leur parties supérieures subissent une traction, cela a pour conséquence de créer un porte-à-faux dans les extrémités des matériaux).
- ✓ La réaction de cisaillement (lorsque les matériaux d'un bâtiment subissent l'action de deux forces ayant un sens opposé, cette réaction est la plus répandue, elle crée une rupture violente entre les différents matériaux).

²⁴ <http://www.seismoatschool.ethz.ch> .

4.1. Effets des actions normales : traction et compression

A un solide, dont l'une des dimensions est grande par rapport aux deux autres, appliquons dans le sens de la plus grande dimension deux forces de traction de même intensité égales et opposées. L'expérience montre que ce barreau s'allonge suivant la grande dimension et se contracte suivant les dimensions transversales.

Ces variations de dimensions suivent une loi linéaire et réversible tant que la force exercée F est inférieure à F_e , sa valeur qui caractérise la limite d'élasticité. Ces variations de dimensions sont proportionnelles à la contrainte exercée et à un coefficient caractéristique du matériau : le module de déformation (module d'Young).

4.2. Effets des actions composées : Cisaillement ou flexion

Sous l'effet d'une force latérale appliquée à un élément :

- La flexion se traduit dans l'élément par des efforts de traction et de compression dans le sens longitudinal de l'élément. Sous l'effet d'un séisme, les éléments constructifs soumis à des forces tangentielles opposées (Ou de même direction mais différentielles) à leurs extrémités (par exemple un poteau entre deux planchers) se déforment, en fonction de leur géométrie plus ou moins élancée, en flexion ou par mise en losange. Le type de contraintes et la localisation des contraintes les plus élevées dans l'élément dépendront du mode de déformation. Ainsi, les dispositions constructives devront tenir compte de ce paramètre. Il faudra donc pré-identifier le mode de déformation des différents éléments de la structure, et plus généralement celui de la structure dans son ensemble.

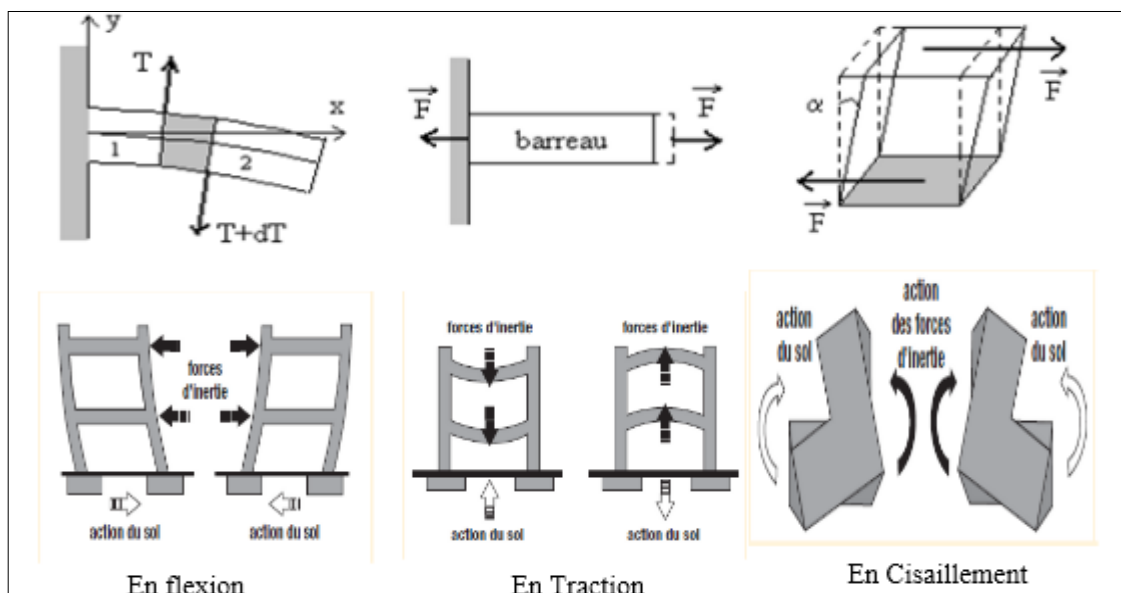


Figure 5: les trois modes de déformation de construction sous l'effet de séisme.

Source : cour de Mlle: DROUNA Karima « Bases de la conception parasismique des bâtiments ». ²⁶

²⁶ cour de Mlle: DROUNA Karima « Bases de la conception parasismique des bâtiments

5. Reconnaissance scientifique internationale des cultures sismiques locales

De nombreux pays situés en zone sismique sont riches d'un patrimoine bâti unique, dont l'intérêt justifie des mesures exceptionnelles de protection. C'est le cas de l'Italie où a été mis en place, dans les années 1990, une campagne de renforcement parasismique de plusieurs monuments majeurs.

Les professionnels du patrimoine alors en charge des travaux ont largement opté pour des approches techniques issues de l'ingénierie moderne, jugées plus performantes que les solutions traditionnelles de renforcement encore mal identifiées ou mal comprises. En effet les méthodes de calculs, utilisables pour les monuments assez faciles à modéliser et dont on pouvait connaître les techniques et l'histoire de construction, étaient peu, ou non applicables au bâti historique courant, constitué d'édifices imbriqués les uns aux autres, impossibles à modéliser ; et à l'histoire constructive inconnue ou difficilement reconnaissable. Partant du constat qu'en région sismique le bâti historique est constitué en majorité par des édifices qui ont survécu à plusieurs tremblements de terre, un groupe de chercheurs et d'universitaires de diverses disciplines (ingénieurs, architectes, historiens, économistes) réunis par (le Centra Universitaire Europeo per i Beni Culturali (CUEBC)) de Ravello (Italie), ont abordé le thème sous un angle tout à fait différent.

Pour répondre à la question de la protection du bâti ancien, ils ont essayé de comprendre comment ont agi les communautés anciennes, confrontées depuis toujours aux chocs sismiques, en découvrant ainsi que dans toutes les régions sismiques du monde, de véritables «cultures sismiques» caractérisaient les techniques locales de construction ou de réparation. En 1987, les «Cultures Sismiques Locales» (CSL) ont été définies comme « les connaissances techniques et les comportements cohérents avec ces connaissances, constituant un ensemble efficace pour réduire l'impact des séismes locaux ». ²⁷

6-Évolution d'une culture sismique locale

L'époque Minoenne (Cite, 3000 - 1050 av. J.C) offre un exemple quasi parfait de ce que l'homme, confrontés au risque sismique de manière suffisamment récurrente et non destructive, ont été capables de concevoir en termes de techniques constructives à valeur résistante afin de faire face à la catastrophe. La particularité de la société Minoenne dans ce domaine des cultures sismiques locales réside en trois points :

✓ Une conscience du risque liée à la sismicité locale, relativement modérée et récurrente, particulière de l'île.

²⁷ Ouvrage Aléas naturels, catastrophes et développement local (Philippe Garnier , Olivier Moles , Annalisa Caimi , David Gandreau , Milo Hofmann

CHAPITRE II : LES NOTIONS SEISMQUES ET LES MESURES PARASISMQUES TRADITIONNELLES

✓ L'évolution des techniques constructives au cours du temps avec l'apport d'améliorations successives, et l'identification de solutions constructives s'appliquant à tous les points critiques depuis le choix du site d'implantation, en passant par le type de fondations selon la profondeur du rocher naturel. Jusqu'à la superstructure.

✓ L'application de techniques innovantes mises au point, aussi bien dans la réhabilitation du bâti existant, ce dont témoignent les grandes modifications apportées aux édifices palatiaux vers 1750 av. J.C, que dans les nouvelles constructions et l'articulation de l'espace urbain.

Concernant l'évolution des techniques, le bois est utilisé dans les constructions en tant que chaînage et encadrement des ouvertures dès le Néolithique, début de la sédentarisation et des premières constructions en dur sur le territoire de la Crète, la pierre de taille pour la construction des soubassements sont introduites vers 1900 av. J.C avec la construction des palais : les centres administratifs de gestion du territoire. Puis vers 1750 av. J.C, c'est la mise au point du plan symétrique découpé en îlots dynamiques qui permet de réduire les dommages en désolidarisant les blocs de construction de ces grands complexes administratifs. C'est cette innovation importante qui sera appliquée à la même époque pour la construction des édifices nouveaux et à l'échelle de la ville

7. Aperçu historique sur la réglementation parasismique

Des modes de construction parasismique, plus ou moins intuitifs ou issus des leçons tirées des tremblements de terre du passé existent depuis au moins 2000 ans. Ils ont permis à de nombreuses églises, temples, mosquées, pagodes et de nombreux châteaux de résister à des tremblements de terre parfois importants.

C'est par exemple le cas des cités incas, dont en particulier Machu Picchu, dont les appareillages de pierre sont de remarquables exemples d'architecture parasismique. De même de l'autre côté du monde, le Palais Impérial de Tokyo et ses proches murailles qui l'entourent, composées de blocs massifs de pierre, a mieux résisté à de fortes secousses que bien des bâtiments modernes, grâce à des techniques assez proches de celles utilisées par les Incas. La première réglementation parasismique européenne est née à Naples grâce à la volonté des Bourbons après le terrible séisme arrivé en 1783 dans la Calabre du sud.

8. La réglementation parasismiques en Algérie

8.1. Recommandations parasismiques après le séisme d'Alger 1716

Historiquement les premières mesures parasismiques sont celles prises par le Dey Ali CHAOUCH d'Alger, après le séisme d'Alger de 1716. D'après les désordres constatés, ces mesures parasismiques concernent:

- ✓ Structure en maçonnerie porteuse

- ✓ Structure flexible : Type arcade
- ✓ Planchers constitués par des poutres en bois en saillie des murs sur lesquels elles sont posées.
- ✓ Renforts en bois pour les encorbellements

8.2. Les recommandations AS55 après le séisme d'El Asnam 1954

Le premier code parasismique appelé « Recommandations AS55 », a été établi après le séisme de 1954 de Chlef du nom de la rivière Chellif. Les recommandations AS55 (Mai 1955) ont été «appliquées pour la construction après le séisme.

8.3. Les règles parasismiques Algériennes (RPA)

Après les séismes d'El Asnam 1980, RPA doit réviser en 1981 puis une révision en 1983. après le séisme de Constantine 1985 doit réviser en 88 et le séisme de Tipaza –Alger 1989 .Le RPA fait une révision du zonage sismique qui exprimer dans le RPA 99 ou Mascara de 1994 et Ain Benian 1996, après le séisme de Ain Témouchent 1999, Il se fait la Révision du RPA99, Puis la révision de RPA 2003, Après le séisme de Boumerdes 2003.

9. Généralité sur les règles parasismique algériennes (RPA99 /version 2003)

9.1. L'objectifs

Les règlements visent à assurer une protection des vies humaines et des constructions vis-à-vis des effets des actions sismiques par une conception et un dimensionnement appropriés.

Pour des ouvrages courants, les objectifs ainsi visés consistent à doter la structure :

- ✓ D'une rigidité et d'une résistance suffisante pour limiter les dommages non structuraux et éviter les dommages structuraux par un comportement essentiellement élastique de la structure face à un séisme modéré, relativement fréquent.

- ✓ D'une ductilité et d'une capacité de dissipation d'énergie adéquates pour permettre à la structure de subir des déplacements inélastique avec des dommages limités et sans effondrement, ni perte de stabilité face à un séisme majeur, plus rare.

Pour certains ouvrages importants, la protection visée est encore plus sévère puisqu'il faudra que l'ouvrage puisse demeurer opérationnel immédiatement après un séisme majeur.

L'objectif principal des règles parasismiques consiste à sauvegarder le plus grand nombre possible de vies humaines. Il s'agit de concevoir, de dimensionner des structures capables de résister aux actions sismiques sans effondrement local ou général de celle-ci. La structure doit en quelque sorte se conserver au maximum dans son intégralité afin d'éviter toute chute de celle-ci ou partie de celle-ci

9.2. Les Domaines d'applications

Les règlements sont applicables à toutes les constructions courtes. Par contre, elles ne sont pas directement applicables aux constructions telles que :

- ✓ Constructions et installations pour lesquelles les conséquences d'un dommage même léger peuvent être d'une exceptionnelle gravité : centrales nucléaires, installation de fabrication et de stockage des produits inflammables, explosifs, toxique, ou polluants... ouvrage d'art (barrage, Ouvrages maritimes, pont, tunnels...).
- ✓ Réseaux et ouvrages enterrés. Structure en plaques et encoques minces. Pour ces types de construction, il y a lieu de se référer à des règles ou recommandations spécifiques.

9.3. Les Conditions d'applications

Les constructions auxquelles s'appliquent les règles doivent satisfaire concomitamment aux règles de conception, de calcul et d'exécution applicables.

Par ailleurs, au cas où les sollicitations issues d'un calcul aux effets de vert sont plus défavorables, ce sont ces dernières qu'il y a de prendre en considération pour la vérification de la résistance et de la stabilité de l'ouvrage, mais en même temps les dispositions constructives des règles RPA doivent être respectées.

9.4. Classification des zones sismique

Le territoire national est divisé en cinq (04) zones de sismicité croissante, définies sur la carte des zones de sismicité qui précise cette répartition par wilaya et par commune, soit :

Zone O : sismicité négligeable.

Zone I : sismicité faible.

Zone IIa et IIb : sismicité moyenne.

Zone III : sismicité élevée

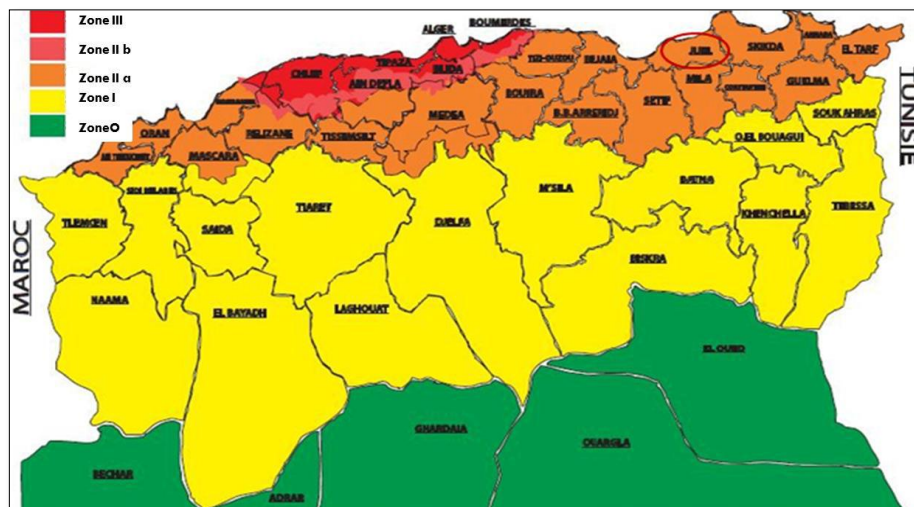


Figure 6 : Carte de zonage sismique de territoire national après RPA99/ADDENDA

10. Redécouvrir les techniques parasismiques traditionnelles

Du bois, de la pierre et de la terre crue ou cuite : du bassin méditerranéen à la chaîne himalayenne, deux techniques de construction avec des matériaux traditionnels se sont révélées particulièrement résistantes aux tremblements de terre.

L'idée principale est de redécouvrir, revisiter et analyser l'architecture traditionnelle parasismique afin de mieux comprendre les caractéristiques propres aux systèmes de construction mis en place depuis des siècles. Par extension, l'objectif est d'étudier le comportement des différents matériaux utilisés dans cette architecture.

Dans l'architecture traditionnelle des régions autour de la mer Méditerranée, on peut identifier, probablement parmi beaucoup d'autres, deux techniques qui se sont révélées être particulièrement résistantes aux tremblements de terre :

La première est basée sur une ossature en bois avec remplissage. A la différence du colombage, l'ossature en bois, remplie avec de la maçonnerie en pierre, en terre crue ou en terre cuite, est plutôt mince.

La seconde technique repose sur une maçonnerie en pierre, en briques de terre crue ou de terre cuite, renforcée par des poutres horizontales encastrées dans le mur.²⁸



Photo16:Système de construction traditionnelle Dhajji ²⁹ **Photo17:** Fort de Beecham, pakistan³⁰

11. Pourquoi techniquement ce mode de construction est si résistant ?

Il y a des recherches qui ont été faites en la matière. Dans ces systèmes en ossature en bois combiné avec de la maçonnerie, on a toujours utilisé du mortier de terre, ou de chaux, qui a une résistance au cisaillement plus faible que le mortier en ciment. Lors de mouvements sismiques, les éléments de la maçonnerie peuvent plus facilement bouger ce qui permet un bien meilleur

²⁸ ALEXANDER FELIX, « Stabile Traditionnel finden » in TEC21 n° 3-4,14_2011, p. 26-29. Bhatar construction. Timber reinforced masonry, Guidebook prepared by SDC and FRC, Mansehra, mai 2007

²⁹ Système de construction traditionnelle Dhajji (Document UN-Habitat)

³⁰ Fort de Besham, Pakistan, construit aux environs de 1750 selon le système de construction traditionnelle Bhatar (Document UN-Habitat)

dissipation par frottement de l'énergie sismique. L'énergie sismique ne se dissipe pas spécifiquement dans des endroits particuliers.

C'est donc un système qui s'appuie notamment sur le principe de la dissipation par frottement entre les différents éléments, et qui permet à la construction de bouger dans son ensemble, ce qui constitue un avantage énorme en cas de tremblement de terre¹. On a en outre observé un phénomène assez intéressant. En Turquie, lors d'un tremblement de terre très puissant, les constructions du type en ossature et remplissage ont très bien résisté, alors que des constructions en béton armé ont été détruites. Quelques mois après, il y a eu un autre tremblement de terre, de plus faible intensité.

On a alors constaté que les dommages sur les constructions traditionnelles ont été similaires à ceux observés lors du fort tremblement de terre³, mais que les structures en béton armé avaient en revanche très bien résisté au faible tremblement de terre. Randolph Langenbach en déduit un principe qui veut que ces constructions traditionnelles commencent à bouger avec une faible sollicitation extérieure mais qu'au final, elles offrent une très bonne résistance même à des intensités très fortes. A l'opposé, le béton armé résiste très bien à de petites secousses, mais s'effondre totalement lorsqu'un certain seuil de résistance est atteint.³¹

11.1. L'ossatures en « cage à oiseaux »

Dans un article consacré à l'architecture parasismique traditionnelle¹, l'architecte et expert en renforcement structurel de bâtiments historiques Randolph Langenbach pointe la reconstruction de la ville basse ou Baixas de Lisbonne comme un exemple de reconstruction parasismique particulièrement signifiant. On y développa, après le tremblement de terre dévastateur de 1755 et sous la gouvernance du Marquis de Pombal, la Gaiola «cage » ou Pombalino construction.

Il s'agit de bâtiments avec une ossature en bois « à la façon d'une cage à oiseaux » la plupart de cinq à six étages, qui existent aujourd'hui encore. Inspirée par des maisons lisboètes à colombage qui avaient survécu au séisme, testée à l'aide d'un prototype, la construction «pombaline » allait rapidement devenir obligatoire pour toute nouvelle construction du quartier. Elle a récemment été soumise à des tests de résistance sismique dans le Laboratoire national de génie civil à Lisbonne, avec des résultats excellents. Randolph Langenbach ajoute qu'un système similaire a été développé peu après en Calabre et en Sicile, breveté et appliqué jusqu'au début du 20e siècle³²

³¹ Interview avec Milo E Hoffman Spécialiser en physique de matériaux, ingénieur environnemental, architecte (Le Technion - Institut israélien de technologie à Palestine) magazine bulletin technique de la Suisse romande

³² RANDOLPH LANGENBACH, « From _ Opus Craticium_ to the _ Chicago Frame_ :Earthquake-Resistant Traditionnel Construction » in International Journal of Architectural Heritage, vol. 1, issue 2007



Photo18: Haïti, une « Gingerbread House» après le tremblement de terreux 12 janvier 2010³³.

11.2. L'intérêt de la réactualisation des techniques de construction parasismique traditionnelle

L'héritage culturel dans le but d'une bonne résistance pour éviter l'affaiblissement globale de la structure. L'apprentissage des principes de construction comme exemple, le cas développé par l'architecte américain Randolph Langenbach sur le tremblement de terre de Marmara en Turquie. La réactualisation de ces techniques de construction c'est une identité parce que c'est un sauvegarde d'une culture locale.

Randolph Langenbach³⁴, pense que ça pourrait venir de l'Empire ottoman. Il a en effet remarqué que ces systèmes sont connus dans certaines régions du Cachemire indien où la population est majoritairement musulmane, alors qu'ils sont inexistantes dans les régions à population majoritairement hindoue.

Le fait qu'on retrouve cette technique en Turquie, en Grèce, dans les Balkans et jusque dans la chaîne himalayenne peut confirmer cette hypothèse. Mais rien n'est certain. En effet, on dit aussi que ce sont des systèmes structurels si logiques que la créativité humaine aurait pu y aboutir dans des endroits et à des époques différents.

Une autre hypothèse voudrait que ces systèmes se seraient répandus parce qu'ils sont très avantageux d'un point de vue économique et en relation aux ressources disponibles sur place.

³³ Document Conor Bohan, haiti-patrimoine.org 23

³⁴ grand connaisseur de l'architecture vernaculaire parasismique qui a travaillé notamment sur le Cachemire indien, avancé certaines hypothèses

CHAPITRE II : LES NOTIONS SEISMQUES ET LES MESURES PARASISMQUES TRADITIONNELLES

Par compte le point de vue de Milo E Hoffman³⁵ que ces hypothèses ne sont pas incompatibles ni exclusives et il est fort probable que la diffusion soit le résultat de plusieurs facteurs et intérêts.

12. Quelques exemples :

12.1. Le Salvador

Est situé sur la plaque Carabes, dans une région hautement sismique de l'Amérique centrale. Depuis les périodes précolombiennes, les bâtisseurs ont mis au point des techniques constructives simples, intelligentes et adaptées prenant en compte les dangers liés aux tremblements de terre. Cependant, face aux grands principes modernes de la construction, ces cultures locales du risque et les savoir-faire associés disparaissent rapidement Ils ne sont plus reconnus par les enseignements universitaires et les règles administratives actuelles du secteur du bâtiment ne leur sont pas favorables. Un décalage se crée avec les attentes des populations devant se loger dans des bâtiments à la fois accessibles financièrement et résistant aux séismes.³⁶



Photo19: Une maison à Salvador³⁷

³⁵ Milo E Hoffman Spécialiser en physique de matériaux, ingénieur environnemental, architecte (Le Technion - Institut israélien de technologie à Palestine) magazine bulletin technique de la Suisse romande

³⁶ Ouvrage Aléas naturels, catastrophes et développement local (Philippe Garnier , Olivier Moles , Annalisa Caimi , David Gandreau , Milo Hofmann)

³⁷ Ibidem



photo20 : Renforcement horizontal ³⁸



Photo21 : Mur en bambou et terre

12.2. Indonésie

Un grand tremblement de terre se produit en moyenne tous les 75 à 100 ans en Indonésie. L'analyse suivant la catastrophe a montré que le comportement au séisme des bâtiments traditionnels en bois, utilisant des structures légères et élastiques, s'est révélé meilleur que celui des constructions faisant appel au béton armé, plus récemment introduit et mal maîtrisé.³⁹ Sa montre la résistance des constructions qui signifie l'existence d'une culture sismique locale, on utilisant la structure bois permet une grande souplesse.



Photo22 : Ferme en bois ⁴⁰



Photo23 : Connexion poteau charpente⁴¹

12.3. Une solution asiatique : la « Bhunga de Kachchh et Hakka en Chine »

Des techniques parasismiques dans la construction en terre est celui de la région de Kachchh, en inde, 30 % de l'architecture construite avec ce matériau.

La « bhunga » c'est une typologie de structure qui a présenté un comportement particulièrement favorable (même dans les conséquences liées à une ruine) lors du tremblement de terre qui a frappé la région de kachchh le 26 janvier 2001. elles se caractérisent par leur

³⁸ ¹⁵ Ibidem

³⁹ Ouvrage Aléas naturels, catastrophes et développement local (Philippe Garnier , Olivier Moles , Annalisa Caimi , David Gandreau , Milo Hofmann)

⁴⁰ ¹⁹ Ibidem

⁴¹ UEE 06 — « Learning From Vernacular »

CHAPITRE II : LES NOTIONS SEISMQUES ET LES MESURES PARASISMQUES TRADITIONNELLES

forme compacte (en prévalence circulaire) et par les dimensions réduites. Leur toit est constitué généralement en paille et il est donc léger.⁴²

Après une observation ce qui a résisté au séisme, les habitants prennent conscience vers la valeur des constructions en terre par rapport d'autres constructions, ce qui pousse la population à une orientation vers la construction en terre.

Les critères structurels parasismiques ont été développés et améliorés. Ils tiennent toujours en compte l'utilisation de matériaux locaux, une construction facile (pour garantir l'auto construction) et un coût réduit comme objectif prépondérant.

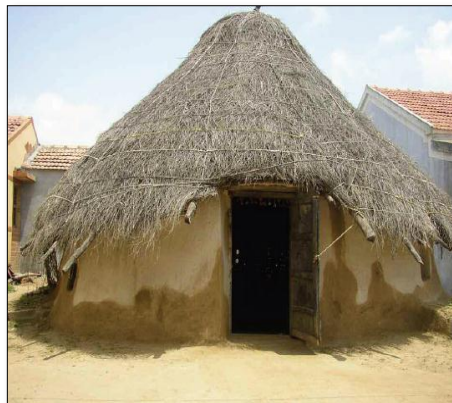
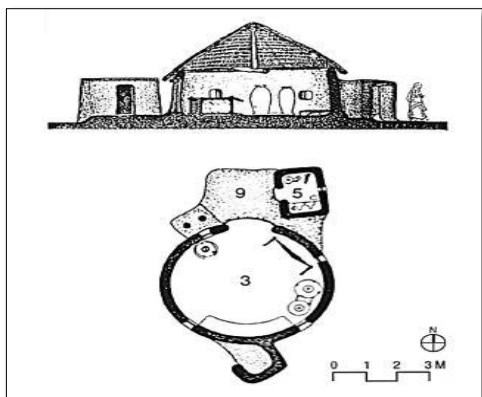


Figure 7 : Une « bhunga » traditionnelle

Photo 24 : bhunga traditionnelle en bauge

Des techniques adoptées sont par exemple la disposition du toit qui n'est pas placé directement sur les murs mais sur des appuis indépendants. De cette façon, son poids ne va pas affecter les parois. Au niveau de fondations, des pierres sont utilisées pour qu'elles soient plus stables et puissent ainsi garantir une base solide à la structure. Des renforcements sont souvent introduits dans les murs.

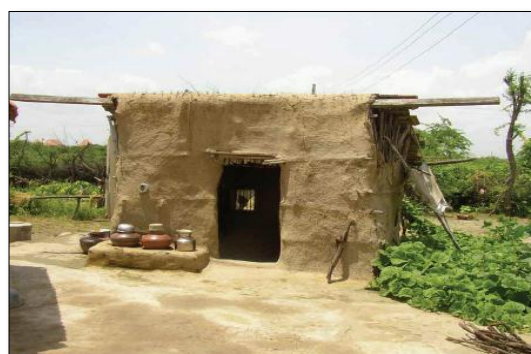


Photo 25 : Bhunga renforcée avec bambou ⁴³

Photo 26 : Bhunga en pisé stabilisé ⁴⁴

Un autre exemple intéressant est celui des « Hakka Houses » chinoises. Elles se caractérisent par leur forme ronde, qu'on a vu être la forme idéale pour une construction parasismique. En

⁴³ Chiodero, 2008, p.24

⁴⁴ Idem, p.25

particulier il y a un cas documenté qui indique un bon comportement de ce type de construction face aux séismes : le « Huangji castle ».

Un tremblement de terre a fissuré les murs de ce bâtiment, qui malgré tout a résisté aux secousses. Maintenant il est appelé (Earthquake Resistant castle) En outre on observe que dans les murs des (Hakka) il y a des renforcements horizontaux en Bambou.



Photo27 : Renforts horizontaux des murs



Photo28 : Hakka houses china

12.4. Népal

Au Népal, le savoir-faire parasismique traditionnel a sauvé des vies. « De même, les bâtiments construits avec les savoir-faire parasismiques traditionnels ont mieux résisté, tels des murs de briques cuites dans lesquels étaient insérées horizontalement des pièces de bois, souligne Philippe Garnier, professeur au laboratoire Craterre de l'École nationale d'architecture de Grenoble. Les pièces de bois ont pour effet d'éviter la remontée verticale du mur et de faciliter la déperdition d'énergie. »⁴⁵ Les bâtiments anciens, en briques et en pisé renforcé de bois, ont mieux tenu, ainsi que les édifices modernes en briques et béton réellement armé.⁴⁶

12.5. Haïti

Les habitations employant une structure à ossature en bois sont les plus répandues. Elles se basent sur une trame régulière de poteaux constituant le squelette du bâtiment, dont le remplissage est réalisé avec des techniques différentes selon les matériaux disponibles localement. Le clissage est la technique la plus ancienne. Elle consiste en un tressage horizontal de lattes de palmier formant des panneaux insérés entre les éléments verticaux de l'ossature en bois. Parfois laissés apparents, ces panneaux sont le plus souvent recouverts sur leurs deux côtés par un mortier de terre ou un mélange de terre et chaux.⁴⁷

⁴⁵ Article de journal La Croix (un journal quotidien français)

⁴⁶ www.sudouest.fr.

⁴⁷ -<https://factsreports.revues.org/282>.



Photos29 : (a) ossature en bois avec clissage, (b) clissage, tressage, (c) clissage, mortier appliqué sur les deux côtés du panneau (© A. Caimi)

Cette technique permet de réaliser des structures légères qui ont démontré un degré réduit de mise en danger des occupants, grâce au tressage qui évite le possible écroulement de gros blocs (Cuny, 1982). Suite au séisme, de par la rapidité de son exécution et au bon comportement pendant le séisme, le clissage a été réutilisé spontanément par la population pour la réalisation d'abris d'urgence et la réparation de maisons. La technique du tiwoch (« petites roches » en créole) caractérise la plupart des habitations rurales des zones considérées et elle est encore couramment pratiquée pour la réalisation de nouvelles constructions.

Elle consiste au remplissage d'une structure porteuse en bois, avec une maçonnerie de pierres liées par mortier de terre, terre et chaux ou ciment, souvent enveloppant la structure à l'extérieur (Fig. d et e).⁴⁸

Des planches clouées à l'extérieur des poteaux distinguent la troisième technique, appelée palmiste, autrefois très répandue, elle est récemment devenue économiquement inaccessible à cause de la rareté et du coût élevé du bois (Fig. f)⁴⁹



Photo30 : (d) ossature en bois avec tiwoch (e) tiwoch, endommagement dû au séisme ; (f) palmiste, abris d'urgence post-séisme réalisée par la population.

⁴⁸ <https://factsreports.revues.org/2827>.

⁴⁹ Ibidem

Conclusion

Les séismes apparaissent comme une manifestation perceptible de phénomènes qui se poursuivent à l'échelle des temps géologiques. Il est malheureusement certain que les séismes continueront à surprendre l'homme. La seule chose que nous puissions prédire avec certitude, c'est que plus nous nous éloignons du dernier tremblement de terre, plus nous sommes proches du suivant.

On conçoit dès lors que, faute de pouvoir-et pour longtemps encore sans doute-prévoir ou empêcher les séismes, on doit s'efforcer d'en limiter les dégâts. Cette démarche commence par la connaissance détaillée de l'action sismique : naissance du séisme, formation et propagation des ondes, impact sur la construction et mode de déformation etc., l'aboutissement étant la construction parasismique.

Introduction

Le présent chapitre mettra l'accent sur l'analyse de quelques exemples qui feront ressortir les dispositifs de l'architecture traditionnelle, reflétant un patrimoine architectural, un savoir-faire avec des matériaux locaux et les modes de construction qui font la particularité de chaque région.

Notre intérêt d'étudier ces technique vernaculaire sismo-résistantes, c'est la préservation de l'héritage culturel, quand on réactualiser ces technique automatiquement on a des bons résultats des travaux de restauration en prenant en considération le principe structurel traditionnel.

1. Les casbahs de Mostaganem

1.1. Présentation de la ville (Mostaganem)

Le territoire de la commune de Mostaganem est situé à l'ouest de sa wilaya, à 363 km à l'ouest d'Alger, à 79 km à l'est d'Oran, à 48 km d'Arzew et à 81 km au nord de Mascara.⁵¹

1. 2. Sismicité

Mostaganem est classée d'après le RPA 2003 en zone sismique II caractérisé par la possibilité d'un mouvement sismique moyen. Donc, l'application de la réglementation en vigueur qui prescrit la construction parasismique est indispensable, ainsi que les procédés constructifs à la consolidation tendant à résister aux effets dus aux séismes.⁵²

1.3. Le zonage sismique de la wilaya de Mostaganem

Selon le règlement parasismique algérien « RPA99 version 2003 », la wilaya de Mostaganem a été divisée en trois zones décroissantes d'est en Ouest

- ✓ Groupe de communes A (Zone III): Il comprend les communes d'Ouled-Boughalem, Achaacha, Khadra, Nekmaria,
- ✓ Groupe de communes B (Zone II.b): Il comprend les communes de Sidi Lakhdar, Tasghait, OuledMaalah,
- ✓ Groupe de communes C (Zone II.a): Il comprend toutes les communes, autres que celles figurant au groupe de communes A et B

⁵¹ Marc Côte, Guide d'Algérie : paysages et patrimoine, Média-Plus, 1996, 319 p, p. 60, 61

⁵² Direction de l'urbanisme et de la construction ; Révision du PDAU . 2006.



Figure 8: Carte du zonage sismique de la ville de Mostaganem⁵³

1.4. les deux casbahs Tigditt et Derb-Tobbana)

Ces casbahs conçues comme unité constante qui compose les villes arabes, comprend tout un réseau de rues hiérarchisées, depuis la rue principale généralement jusqu'aux impasses desservants les maisons.



Photo 31: Ancienne vue du quartier Derb-Tobbana et du ravin⁵⁴ et vue l'ensemble de Tigditt⁵⁵

1.4.1. Les méthodes sismo-résistantes à Tigditt Et Derb-Tobbana

1.4.1.1. Les matériaux de construction et techniques constructives utilisées dans les casbahs

1.4.1.1.1. La pierre

Brute de calcaire (moellon) avec un mortier de chaux et de terre badigeonné à la chaux. Les dimensions des pierres brutes varient en longueur de 10 à 55cm, en profondeur de 10 à 35

⁵³ Direction de la protection civile de la wilaya de Mostaganem (2011).

⁵⁴ <http://www.abcdelacpa.com>.

⁵⁵ <http://www.vitaminedz.org/algerie-mostaganem>.

cm. L'épaisseur : Les murs en pierre brute peuvent atteindre une hauteur de 3 à 6 m pour une épaisseur maximum de 100cm à la base, se réduisant à 15 cm pour l'acrotère. Les murs peuvent atteindre une hauteur de 6m pour une épaisseur maximum de 60cm.

1.4.1.1.2. Les Colonnes

L'élément porteur ponctuel, ils transmettent les charges reçues de l'arc vers le sol. Ils permettent d'éviter le mur porteur (structure linéaire en structure ponctuelle). On les retrouve dans la galerie entourant le patio dans les maisons évoluées sur deux niveaux.

1.4.1.1.3 Les poteaux

De forme ronde étaient utilisés comme supports des arcs, des dômes et des voûtes. ils ont pour vocation d'être un élément constructif important en plus des murs massifs, aussi élément architectonique utilisé pour la décoration supportant les coursives et délimitant souvent les patios des maisons, faites à base de différents matériaux et de différentes tailles. Ces derniers étaient réalisés en pierre à base de silice.

1.4.1.1.4 Les arcades

Présence d'arcades dans la majorité des maisons traditionnelles donne un aspect esthétique et jouer un rôle structural, ils considèrent comme une structure flexible portes la charge des arcs et des colonnes, ces arcades reliées entre eux par des tirants en bois, et avec le mur pour transmettre la charge.

1.4.1.1.4. Les planchers

- ✓ Dalle à base de poutrelles en rondin de bois

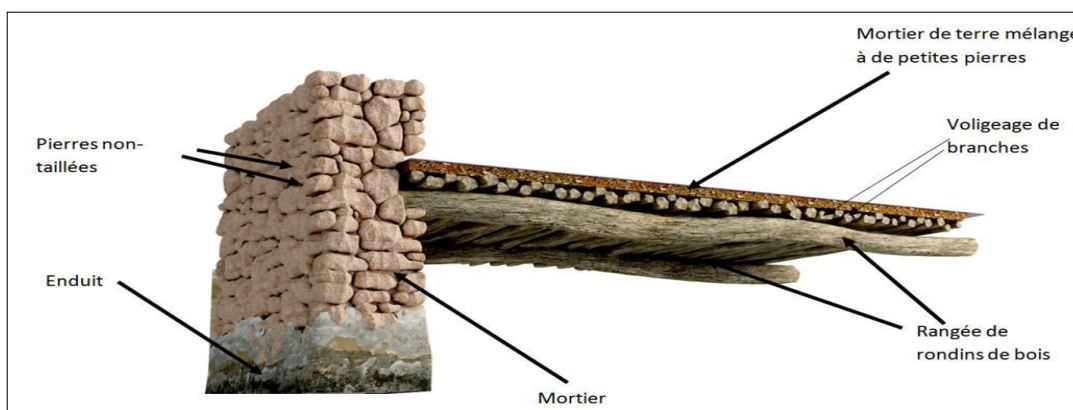


Figure 9 : Typologie constructive d'un plancher en branches et rondin de bois (Maraf Zoubida)⁵⁶

- ✓ Dalle en voûtain (de la période coloniale) ou en briques creuses étaient intercalées par des poutrelles métalliques de forme IPN.

⁵⁶ Mémoire de Magister Spécialité: Génie Civil.Option: Gestion des risques majeurs
Evaluation De La Vulnérabilité Sismique Des Deux Casbahs De « Tiggitt Et Derb-Tobbana » MAARAF ZOUBIDA

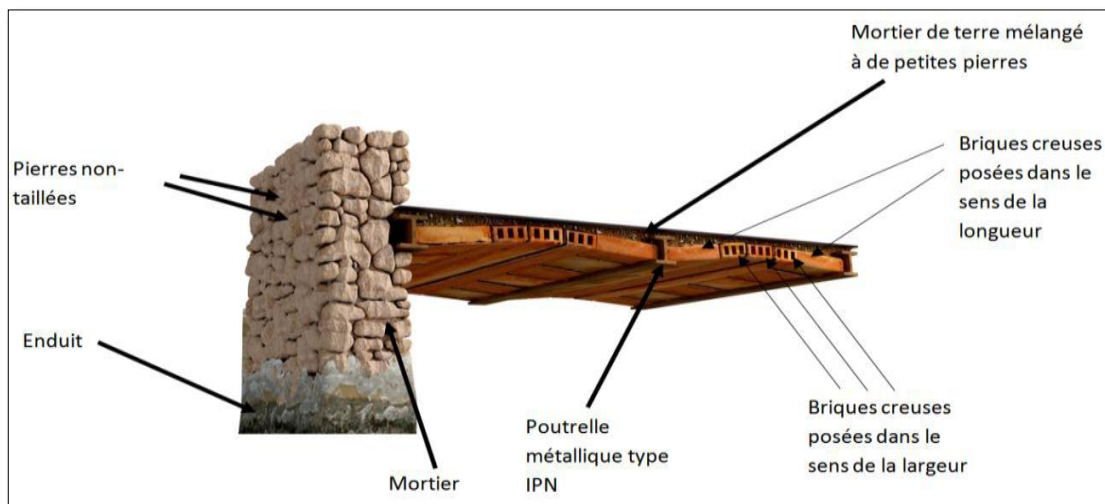


Figure 10: Typologie constructive d'un plancher en voutain en briques creuses (Maraf Zoubida)

✓ Dalle en poutre en bois supportant une épaisseur très réduite des planches de bois. Les poutrelles sont posées dans le sens de la plus faible portée.

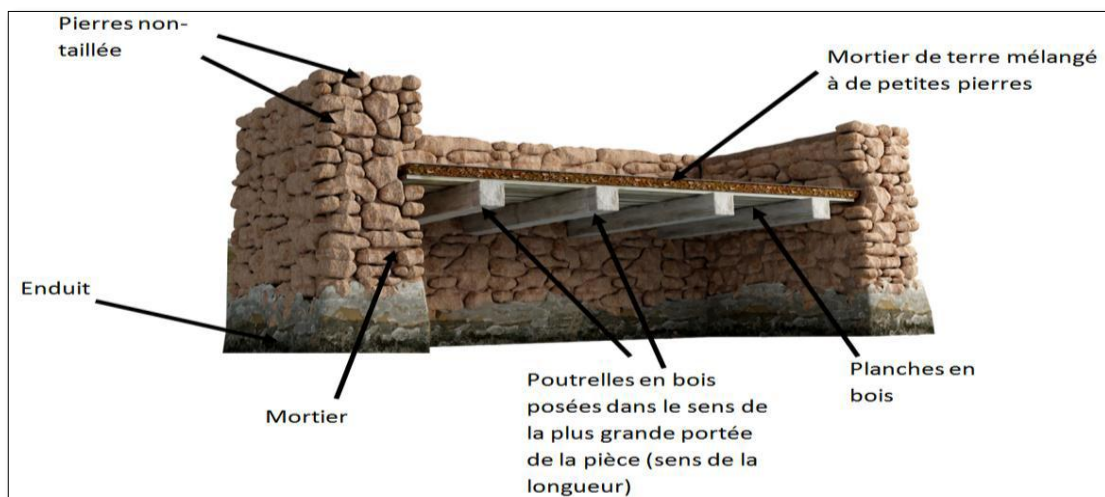


Figure 11: Typologie constructive d'un plancher en poutrelles en bois (Maraf Zoubida)

Toutes les poutrelles des différentes dalles étaient surmontées d'une couche de divers mélange à base de mortier en terre rouge et de petits gravillons; ce qui donnait la couleur rougeâtre, le tout s'appuyant sur des murs porteurs. Ce système structural est très répandu dans les constructions de nos vieilles villes.

1.4.1.1.5. Les murs:

Structure porteuse verticale qui supporte les charges des byoutes (chambres), il y a plusieurs types des murs :

✓ **Murs porteurs extérieurs** : constituant les murs de façades sur rues. Dont le rôle structurel est de supporter et transmettre son propre poids. Ainsi que les charges et les surcharges du plancher et de la terrasse.

✓ **Mur de façade sur cour**: constituant les murs de façades qui donnent sur la cour. Ce sont ceux qui reçoivent le moins de charges car ces dernières sont en partie celles du plancher de la galerie. Ces parois comportent les ouvertures de la galerie et de l'accès à l'étage sur lesquelles aboutissent les escaliers.

✓ **Murs de séparations**: ce sont les murs perpendiculaires aux murs porteurs. Ils ont le rôle séparateur des (byoutes). La majorité est composée de moellons de pierre de diverses formes et de mortier. Les pierres peuvent être non taillées utilisées pour l'empilement des murs, ou taillées ou bien plus grande, utilisées comme cadre au niveau des ouvertures, des portes et des fenêtres ainsi que dans les angles afin de constituer des chaînages.



Photo32 : Mur à Tigditt Chaînage d'angle



Figure 12: Chaînage de l'angle

Dans les maisons de Mostaganem les murs sont renforcés par des rondins, le mur de dimension +80cm, il ya trois rondins et pour les murs -80cm comme les murs de 60cm il ya deux rondins.

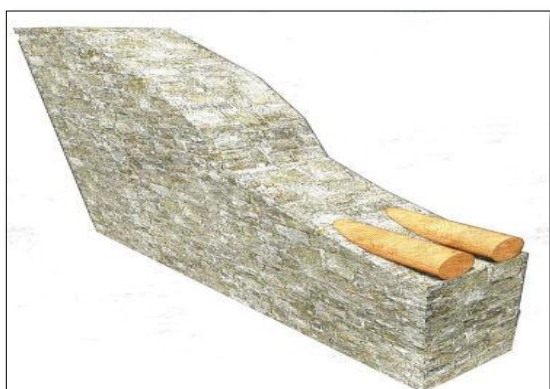


Figure 13 : mur renforce par deux rondins



figure 14: murs renforce pas trois rondin

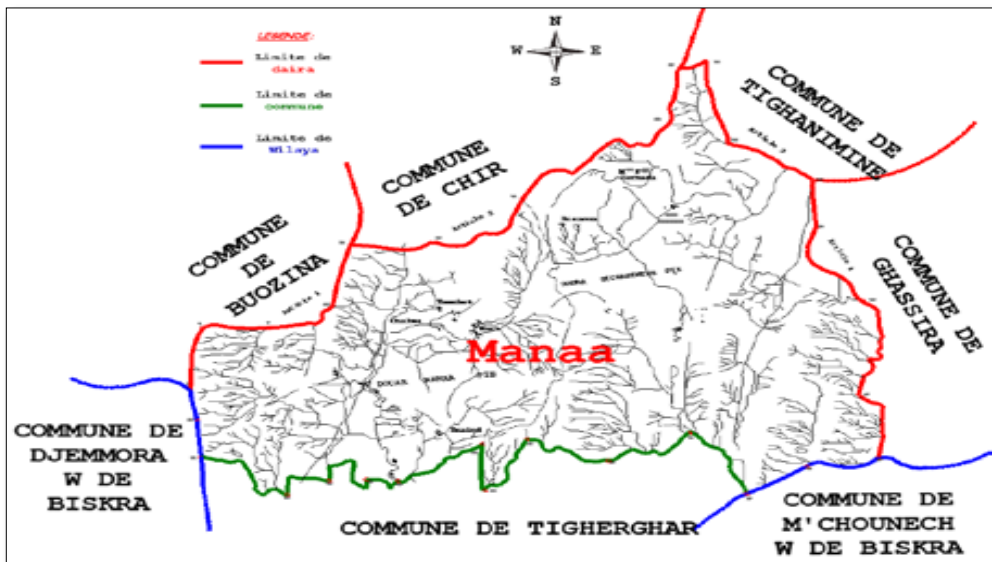


Figure16 :La catre des limites administratives du périmètre communal
Source : RGPH (2008)

2.2. L'architecture à Menâa

La commune de Menâa est composée de deux agglomérations, une agglomération nouvelle implantée sur la partie inférieure, caractérisée par un habitat moderne (nouveaux matériaux et des techniques de construction).

La deuxième agglomération, est la déchera (l'ancienne agglomération). Elle est constituée d'un tissu urbain très dense, implantée sur la parité la plus haute. Les maisons conservent la même configuration architecturale. À l'intérieur de cette trame, il est difficilement accessible (La circulation se passe au niveau des voies plus au moins étroites). La hiérarchisation est très claire à travers un endroit épousant la forme du relief et suivant les courbes de niveau. Les passages couverts marquent des endroits particuliers qui jouent un rôle social et économique dans la déchera

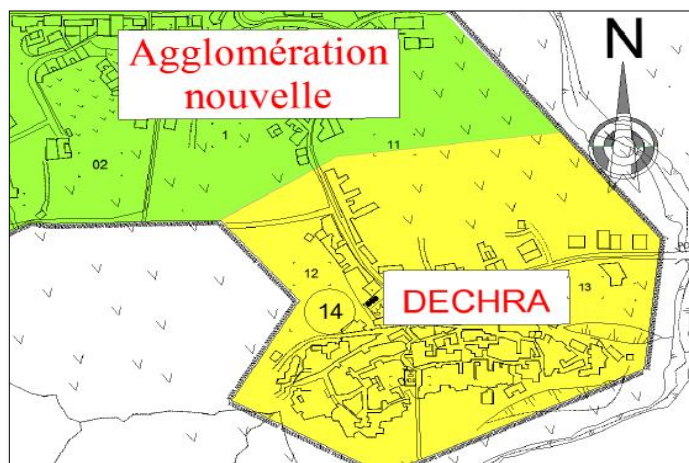


Figure 17 : Les deux types d'agglomération à Menaa
Source : RGPH (2008).

2.3. L'habitat traditionnel :

L'habitat traditionnel dans la région de Menâa est variés, il est possible de distinguer plusieurs types et modèles selon l'utilisation.

- ✓ Un habitat dispersé, avec une profusion de "mechta", habitat aéré qui s'inscrit dans les immenses étendues des hautes plaines constantinoises
- ✓ Un habitat groupé, plus structuré et plus dense, situé souvent sur des crêtes ou en fond de vallée, ce sont les déchera du massif de l'Aurès.
- ✓ Un habitat qui donne les prémises d'une typologie saharienne sans en subir les contraintes, l'habitat du piémont sud. Il se définit par un groupement de fractions autour d'une cour traditionnellement lieu de rencontre et espace commun doté d'un point d'eau⁵⁸.

2.3.1. La maison Menâaoui

La maison a la forme d'un parallélépipède droit percé, pour petites ouvertures, de la porte d'entrée. À l'intérieur de la maison consiste trois niveaux, premier niveau (sous-sol) consiste un espace pour les animaux et un autre espace réservé pour le stockage. Le deuxième niveau (rez-de-chaussée), consiste les pièces principales (les chambre), c'est une pièce polyvalente, c'est là où se déroulent plusieurs activités en même temps pendant la journée, Le troisième niveau (l'étage), consiste un espace de réserve sèche et terrasse

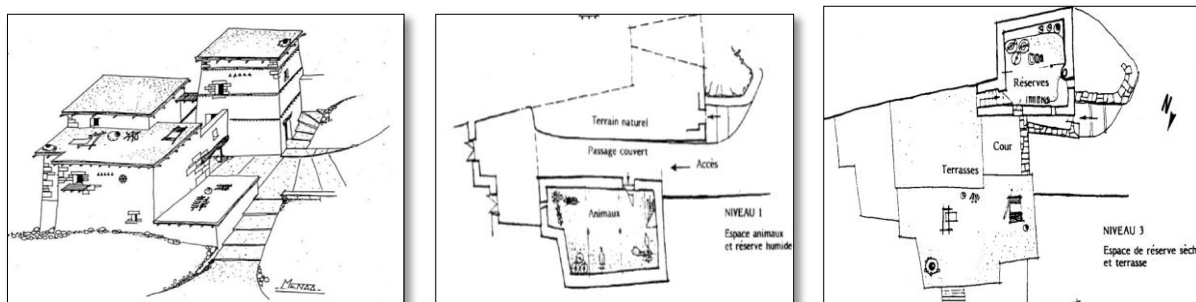


Figure 18: Élévation d'une maison à Menaâ et Rez-de-chaussée, plan d'étage
Source : S. Adjali (2002)

2.3.1.1. Les plan

L'habitat Menâaoui traditionnel est organisé selon des considérations sociales et culturelles, il est généralement accessible par des portes placées de manière à empêcher le regard direct sur l'intérieur.

⁵⁸ Samia Adjali. S. (1986). Habitat traditionnel dans les Aurès, Le cas de la vallée de l'Oued Abdi, édition CNRS, Paris, France. Page 298.

2.3.1.2. Les Façade

La façade principale de la maison traditionnelle est presque aveugle, sauf de la présence la porte d'entrée qui placée sur le côté de la maison, son orientation vers l'Est ou le Sud, et quelques fenêtres avec petite dimension, d'une forme triangulaire ou rectangulaire ou rosace. Ces ouvertures sont disposées en haut des murs, elles servent plus pour l'aération qu'a l'éclairage. D'autres ouvertures de dimension plus grandes sont généralement placées en haut

2.3.1.3. La structure

Comme toutes les maisons Aurassiennes, celles de Menâa appartiennent au type de maison à terrasse et à structure mixte (mur porteur et poteaux poutre). Les constructions sont donc lourdes, d'où l'effet du vent est négligeable par rapport au poids de la construction.

2.3.1.3.1. Les éléments structurants

✓ **Les fondations :** Dans le cas des terrains rocheux les murs sont édifiés sans fondations et dans le cas contraire le mur est construit sur les fondations. La fondation constituée des pierres naturelles liées entre elles avec un mortier de terre, généralement sont des gros blocs pour assurer la stabilité de sol.

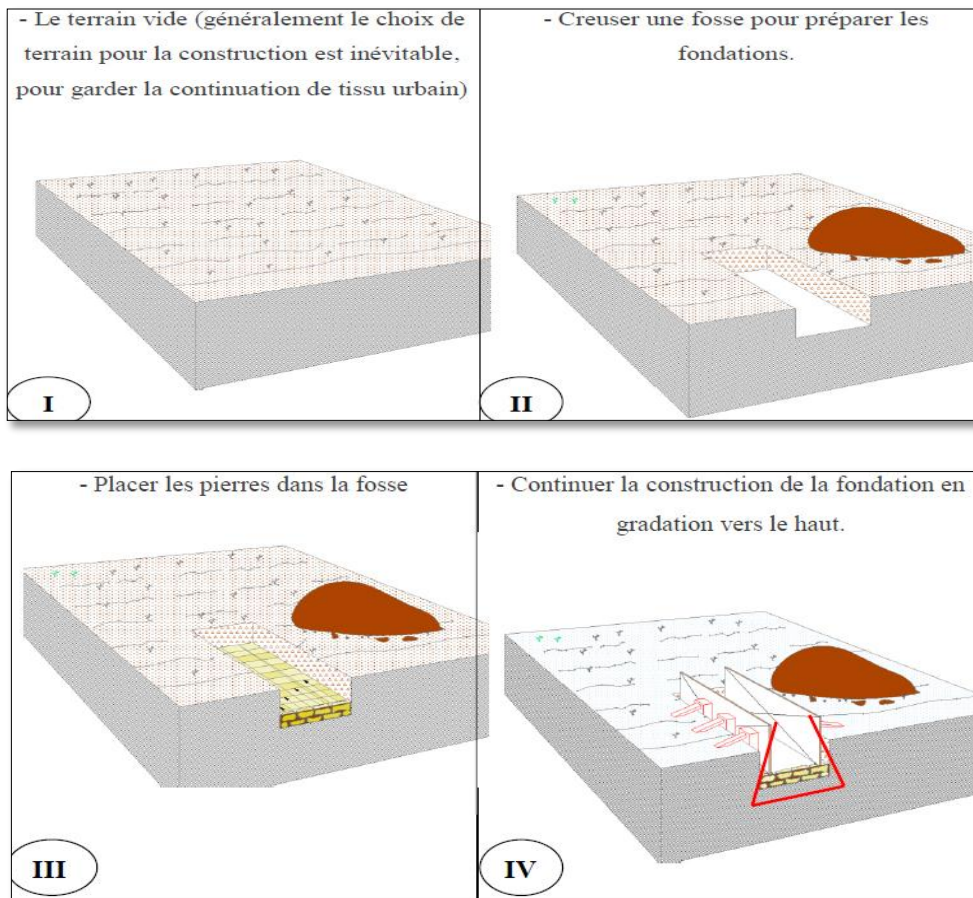


Figure 19 : Processus schématique de fabrication des fondations.

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

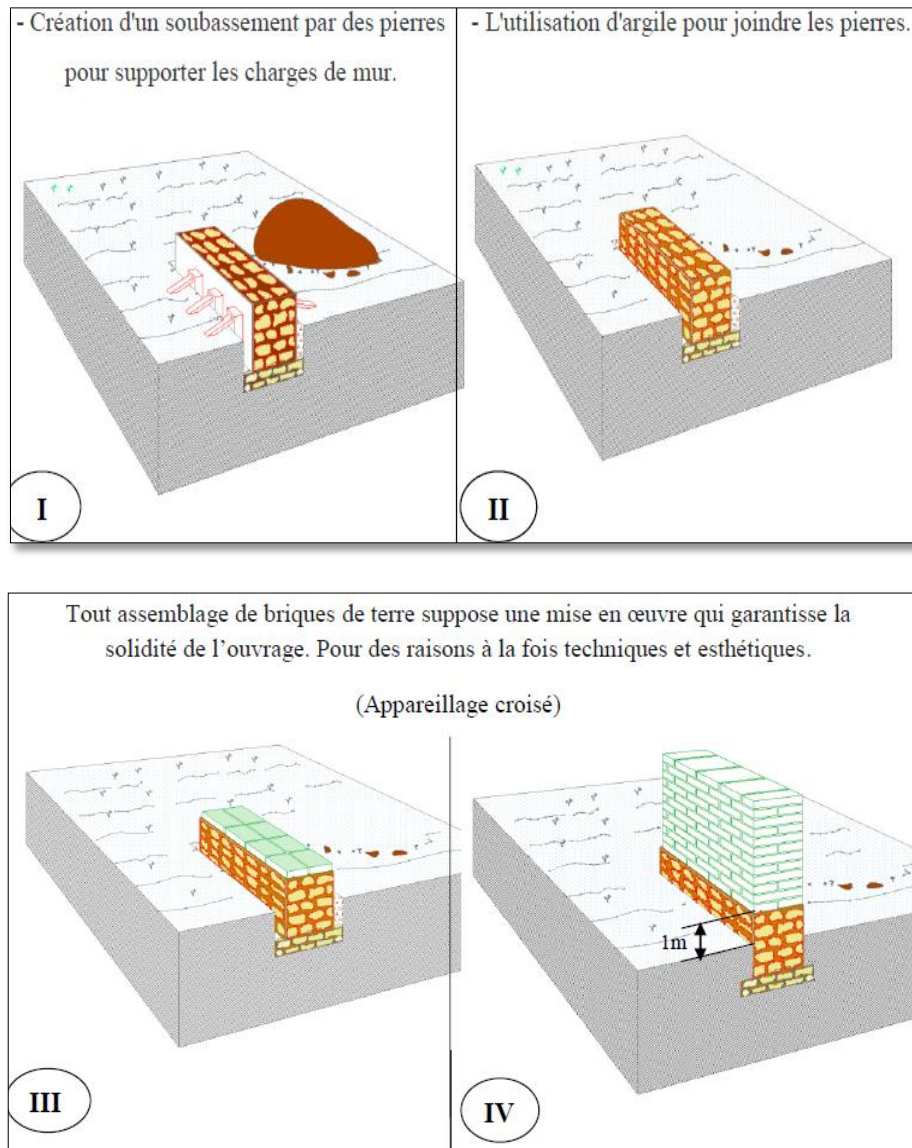


Figure 20 : Processus schématique de fabrication du mur.

✓ **Les dalles :** Cette partie de la construction est constituée de:

- ✓ Troncs d'arbres servant de poutres : ils ne sont pas assez longs pour aller d'un bout à l'autre de la maison. Ils reposent, d'une part, sur les murs de côté de la maison, de l'autre, sur les semelles. Ils sont disposés par groupes de deux ou trois.

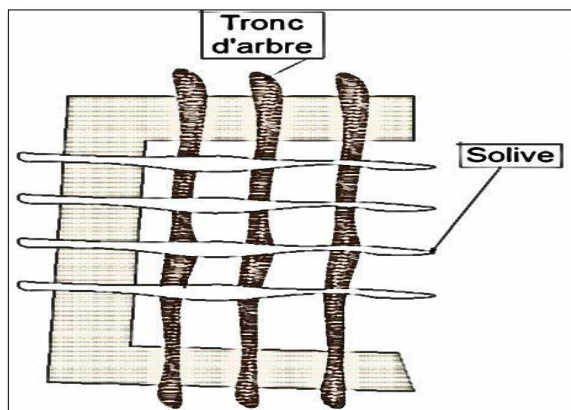


Figure 21 : Vue dessus sur la dalle

Source: www.futura-sciences.com

✓ Branches d'arbres: dont les dimensions sont plus ou moins importantes et servant de solives. Ces solives sont disposées l'une à côté de l'autre et s'appuient d'un côté sur le mur et de l'autre sur les poutres. Les solives et les poutres débordent largement les murs des façades.

✓ Branchages : sur les solives sont placés des branchages de laurier-rose de façon à former une claie, sur laquelle on jette un mortier de terre argileuse lui-même recouverte de terre sèche⁵⁹.

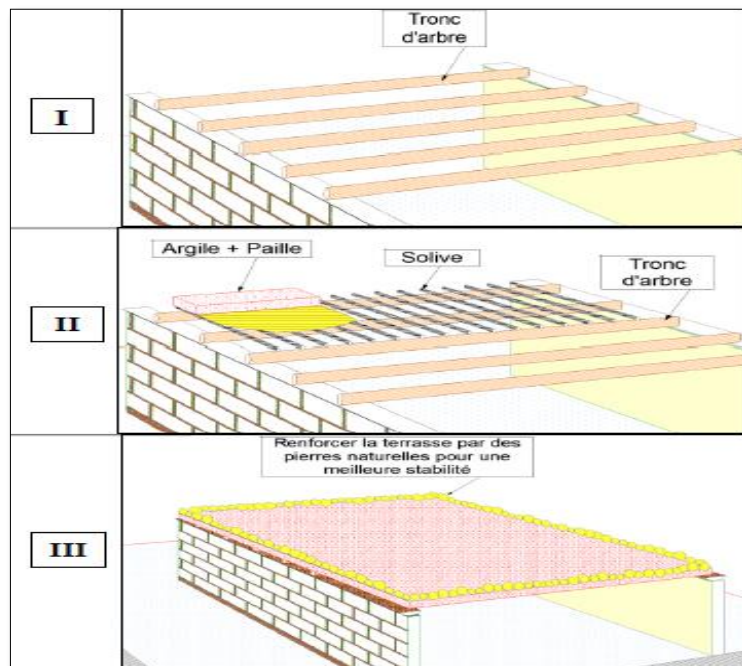


Figure 22 : Processus schématique de fabrication de dalle

✓ **Les terrasses** : est légèrement inclinée pour permettre l'évacuation des eaux de pluie. Elle est munie d'une gargouille. C'est un morceau de bois évidé et placé à l'extrémité de la terrasse de manière à déborder largement les murs. Au bord et tout autour de la

⁵⁹ Mathéa. G. (1998). La femme Chaouia de l'Aurès, étude de sociologie berbère, Edition Chihab-Awal, France. Page 21.

terrasse, sont échelonnées de lourdes pierres pour la protéger contre les vents et pour la maintenir pendant les tempêtes

✓ **Les poteaux** : des éléments plus importants de la construction traditionnelle. Il est généralement un seul poteau en chêne pour assurer une plus grande solidité d'attache.

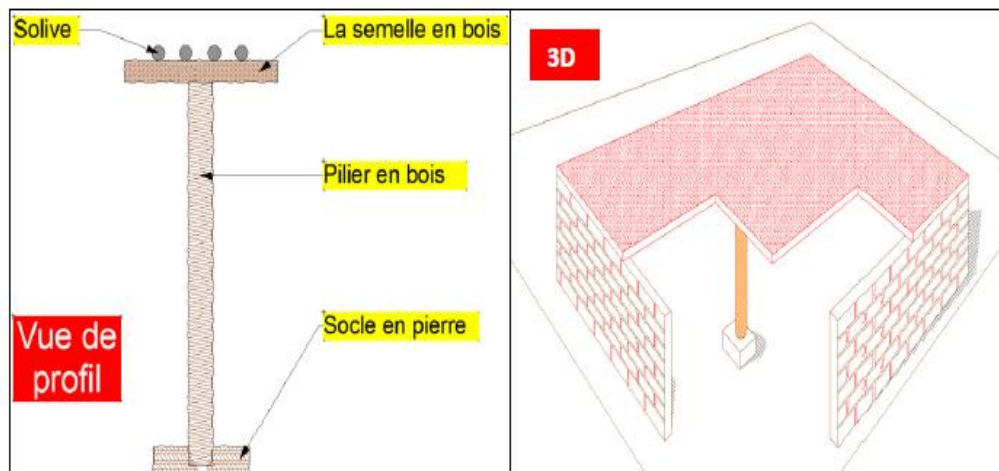


Figure 23 : Le poteau dans la maison traditionnelle.

2.3.1.4. Les matériaux de construction

La société menaoui vivait en autarcie, ce qui justifie l'utilisation des matériaux locaux. Cependant le choix des matériaux locaux et la topographie du terrain créent une continuité de forme, de couleur et une uniformité d'aspect qui renforcent l'intégration de ces constructions au site :

2.3.1.4.1. La pierre :

La situation de Ménaa entre Nord et Sud de l'Algérie donc un lieu de transition et surtout un niveau climatique fait une obligation de construire avec la pierre, la maison est construite avec des soubassements en pierre, ce qui augmente la période de conservation du bâti.

2.3.1.4.2. L'argile

Est plus fréquente dans la construction, une fois amalgamée au foin et à l'eau elle sert à la conception de brique, utilisée pour joindre les briques et les pierres, la pose des toitures, le revêtement des sols.

2.3.1.4.3. Le bois

Très utilisé pour la réalisation des poteaux, des poutres, des toitures, comme tirants ainsi que pour les chinages, les linteaux, les portes et les fenêtres.

3. L'architecture Traditionnelle De Kabylie

3.1. Présentation

La région de Kabylie renferme de magnifiques sites et paysages parmi lesquels le massif montagneux du Djurdjura et la vallée de la Soummam qui recèlent de nombreux villages habités par une population de culture berbère. Ces villages présentent des maisons dotées d'une architecture témoignant de la culture et de la mémoire collective de la société qui s'y est établie depuis maintenant plusieurs siècles.

L'architecture traditionnelle kabyle, telle que construite par nos ancêtres, répondait à une certaine logique constructive. C'était une architecture évolutive, elle se transformait lentement au fur et à mesure des besoins des occupants.

3.2. La maison kabyle traditionnelle

La maison Kabyle ou « *Axxam* », présente un aspect trapu à mesure que l'on s'élève en altitude. Elle est généralement construite en pierre de taille et recouverte d'un toit à deux versants sur lesquels sont fixées des tuiles rondes ou plates. Ses dimensions varient en fonction de la richesse et de la composition des familles : en moyenne, la maison traditionnelle est de mesure entre 7 à 12 mètres de longueur sur 5 à 6 mètres de largeur, la hauteur oscillant entre 3 et 4 mètres, Du fait de la rigueur du climat, les murs sont très épais (jusqu'à 0.50 m) et reposent sur des fondations atteignant 1.20 m de profondeur. Le toit est solidement fixé grâce à une robuste charpente⁶⁰.



Photo 33 : Intérieur de maison Kabyle- 1900

Pour des raisons d'intimité et de confort thermique, les constructions traditionnelles en Kabylie sont assez compactes avec peu d'ouvertures, et lorsque ces dernières existent, elles sont de dimensions très réduites. Les portes sont toutes semblables par leur forme rectangulaire et leur matériau en bois

⁶⁰<https://La maison traditionnelle Kabyle: Axxam>



Photo 34 : fenêtre de maison kabyle



photo35: porte de la maison kabyle

Pour Les escaliers, sont souvent droits, construits pour la plupart en pierre. Certains sont parallèles à la façade (escalier en mur d'échiffre) et d'autres lui sont perpendiculaires. Ce sont des escaliers raides constitués d'une seule volée, sans palier de repos. Ils sont construits à partir de superpositions successives d'assises de pierres⁶¹.



Photo 36 : Vues sur les escaliers droits village Boudjlil, Bejaïa

3.3. Les matériaux et les méthodes constructives

Les Kabyles ont utilisé le bois comme matériaux essentiel exploité pour la structure, la pierre pour les murs et la tuile dans la charpente, Il y a trois techniques constructives dans les villages kabyles.

✓ **Première technique** : Les Kabyles construisent le plus souvent en pierres, ils Lient ces dernières entre-elles avec du mortier d'argile

✓ **Deuxième technique** : Cette technique utilise toujours le même matériau de base, la pierre, mais cette fois-ci sans mortier. Ce procédé est appelé « la pierre sèche ».

✓ **Troisième technique** : Lorsque la pierre, n'est pas disponible sur les lieux Avoisinant le village, les constructeurs utilisent « la terre ». Ainsi, des murs en terre s'érigent et forment la maison kabyle en « pisé ».

4. La casbah d'Alger

⁶¹ X. Casanovas et al. Manuel pour la réhabilitation de la ville de Dellys. Euromed. Montada. 2012. P. 137.

4.1. Présentation

Dans l'un des plus beaux sites maritimes de la Méditerranée, surplombant les îlots où un comptoir carthaginois fut installé dès le IV^e siècle av. J.-C., la Casbah constitue un type unique de médina, ou ville islamique. Lieu de mémoire autant que d'histoire, elle comprend des vestiges de la citadelle, des mosquées anciennes, des palais ottomans, ainsi qu'une structure urbaine traditionnelle associée à un grand sens de la communauté.⁶² Elle classe patrimoine mondiale en 1992.

La Médina est bâtie sur un des contreforts du massif montagneux de Bouzaréah et sur une zone déprimée qui arrive jusqu'à la mer. Orientée vers l'est, le site est globalement incliné, nous détermine que le terrain est relativement plat dans la partie basse du quartier avec une pente douce (zone 3), Terrain à moyenne pente dans la basse Casbah actuelle (zone 2). Terrain à forte pente dans la haute Casbah (zone 1).

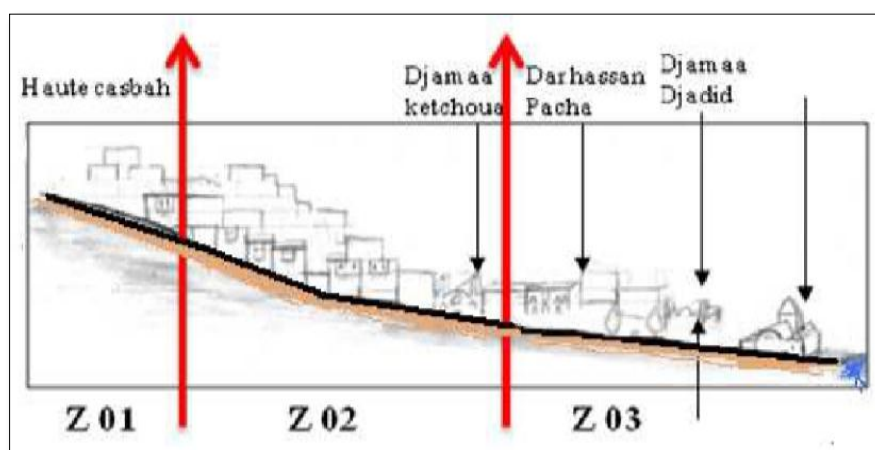


Figure24 : Profil du site Casbah d'Alger

La médina compose par un groupe des maisons collées entre elles. Elle constitue l'unité élémentaire du tissu urbain, en effet, l'utilisation du même type de base qui est la maison à patio, est considérée comme l'une des caractéristiques de l'architecture de cette médina. Conçue comme un édifice fermé et unifié « la maison traditionnelle se présente comme un lieu clos : de hauts murs aveugles et anonymes assurent l'unité et l'intimité de la maison »⁶³.

4.2. Les mesures constructives sismo résistantes dans la Casbah d'Alger

La Casbah d'Alger, présente un système constructif présentant une technologie préventive adaptée à la typologie architecturale développée durant le XVIII^e siècle.

⁶² <https://whc.unesco.org/fr/list/565>

⁶³ Marc Cote, l'Algérie ou l'espace retourné » ed media plus 1993 P 24

Ce système a permis aux constructions d'Alger de résister aux différents séismes qui ont succédé à celui de 1716.

4.2.1. La structure rigide

Les maisons d'Alger ont une structure rigide représentée par des murs porteurs en maçonnerie qui peuvent être classés selon le type de matériaux, la taille et la forme des blocs, Les principaux types de murs observés sont réalisés de la façon suivante :

✓ Une maçonnerie réalisée par deux parois de briques de terre cuite de dimensions variables (3 x 10 x 20 cm), liées par un mortier de chaux et de sable et entre lesquelles est disposé un tout-venant, La paroi a une épaisseur de 60 cm et présente une stratification par couches différentes entre lesquelles s'intercalent de façon régulière à la maçonnerie des rondins de bois non équarri de 10 cm de diamètre. Le bois dans ce cas-là n'exerce aucune force de traction⁶⁴

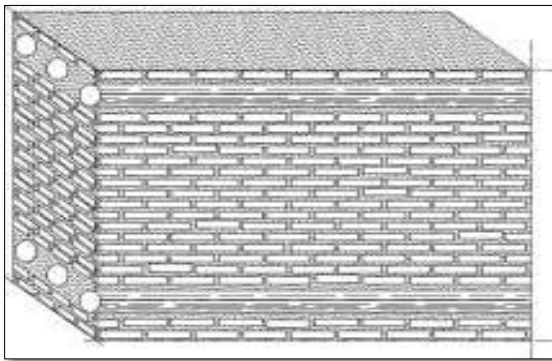


Figure25: les différentes couches du mur



Photo37:les différentes couches du mur

✓ Une autre stratification de maçonnerie réalisée par des couches de briques et de pierres ou une arcature de deux rangées de briques disposées dans la maçonnerie en pierre.

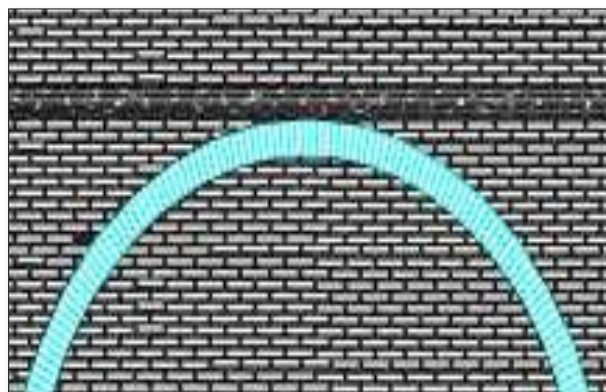


Figure26 : Murs renforcés par une strate de brique curviligne (palais du Dey)

⁶⁴ Amina Abdessemed-Foufa, et Djillali Benouar Département de Génie Civil Les techniques constructives sismo résistantes dans la Casbah d'Alger.pdf

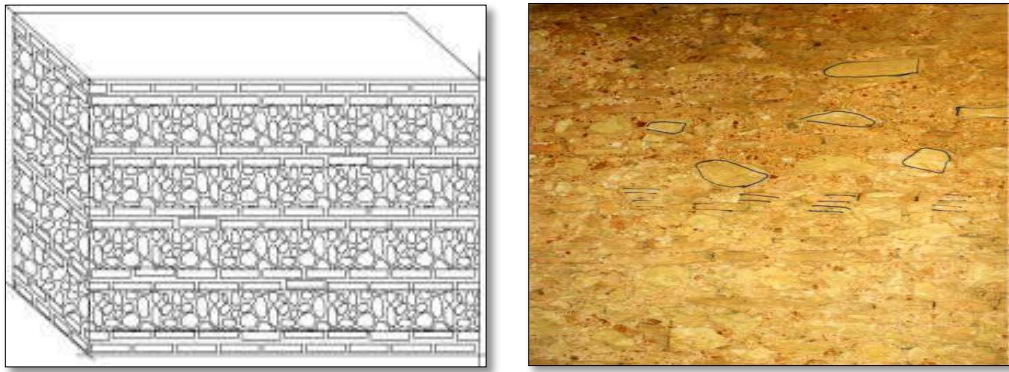


Figure 27 : Mur en briques renforcé par des blocs de pierres (palais du dey).

Cette disposition de deux matériaux l'un rigide et l'autre flexible permet une absorption des charges horizontales lors des sollicitations sismiques et tend à réduire le barycentre global des masses.

4.2.2. La méthode de renforcement de la maçonnerie

Le renforcement de la maçonnerie s'est avéré, par la suite dans les zones sismiques, un système de chaînage qui renforce la structure murale. Cette maçonnerie chaînée a acquis son rôle préventif sismo-résistant dont les effets ont été testés et prouvés lors de récents tremblements de terre en particulier sur des constructions ottomanes.

4.2.2.1. Le Chaînage des murs

Tous les murs sont chaînés entre eux par le croisement alternatif des rondins de bois, ce système mis en œuvre par le Carette (1850) : pour consolider les angles, elle consiste à placer horizontalement, Des pièces de bois d'environ 02 mètres de longueur. Ces pièces, noyées dans la maçonnerie, se prolongeaient alternativement suivant chacun des deux murs et venaient se croiser dans l'angle.

4.2.2.2. Le Chaînage des angles

En l'absence de tout élément vertical ce système de chaînage des angles constitue une technique traditionnelle de renforcement qui empêche les écartements des murs verticaux

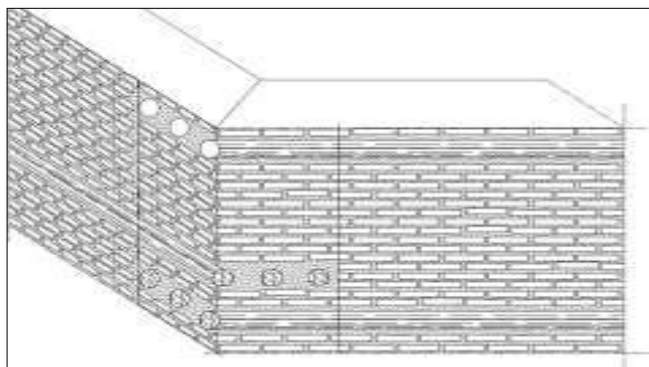


Figure 28 : chaînage des angles

4.2.2.3. Les cloisons

Les cloisons soient reliées aux murs, aux poteaux ou aux planchers, il n'y a pas des parois libres qui risquent de s'effondrer sous l'effet des charges sismiques, les murs intérieurs dont l'épaisseur est de 20 cm sont également réalisés de la même manière que les murs porteurs, c'est-à-dire une maçonnerie renforcée par des rondins de bois

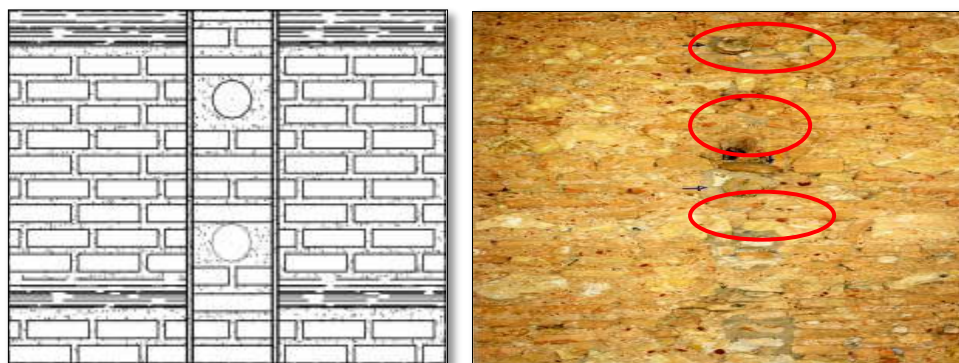


Figure29 : Chaînage des cloisons aux murs porteurs (palais du dey)

4.2.2. La structure flexible

Cette structure flexible est représentée par un système d'arcature sur les quatre côtés de la cour. Le système est en général de quatre pans d'arcades, et peut différer selon la taille de la maison.



photo 38 : Structure flexible(les arcades dans la patio) Le palais Mustapha Paca

4.2.2.1. L'arc

Est de forme ogivale ou brisée, cette forme dont la souplesse et la flexibilité lui permettent de franchir les écartements entre les colonnes lorsqu'ils sont variables ou lorsque les parcelles ne sont pas de géométrie exacte. Cet arc est non seulement utilisé pour soutenir les galeries mais il est également utilisé comme arc de contreventement entre le portique du "wast al-dar" et les murs des chambres.



Photo 39 : arc de contreventement Palais des Rais

L'arc algérois présente une technique constructive assez particulière au niveau des articulation avec la colonne :

- ✓ Superposition de trois rondins de thuya à une assise de deux rangées de briques de terre cuite (Fig. 30).
- ✓ Superposition perpendiculaire de deux rangées de trois rondins de thuya à une assise de briques de terre cuite (Fig.31).

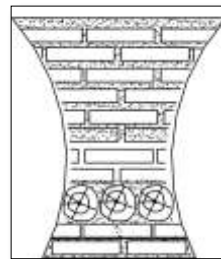
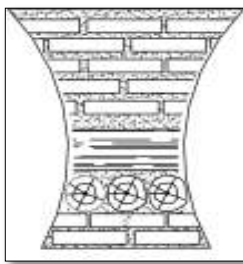


Figure 30: Superposition de trois rondins

figure31: Superposition perpendiculaire de rondins

Cette superposition de deux matériaux, l'un rigide et l'autre flexible, garantit grâce aux mouvements de glissement ou de roulement une bonne résistance aux cisaillements dus aux sollicitations sismiques, système d'arcature est ainsi préservé et le détail constructif préventif contribue à la résistance parasismique.

4.2.2.2. Les planchers

La nécessité de réaliser des planchers rigides dans leur plan (diaphragmes), c'est-à-dire par des planchers et des toitures résistant au cisaillement et à la flexion, de manière à assurer la transmission des forces horizontales aux éléments de contreventement et, par-delà, aux fondations, est indispensable dans les conceptions parasismiques.

Les planchers et les toitures terrasses sont réalisés en bois mais leur typologie constructive est particulière. Ils sont constitués par une superposition de deux rangées de

thuya insérées dans toute la largeur des murs porteurs créant ainsi une différence de niveau. Entre les deux rondins est disposé un voligeage en bois. Au-dessus de ces deux rangées de rondins de thuya sont disposées diverses couches de pierraille et de terre sur lesquelles est disposé le mortier puis le carrelage.

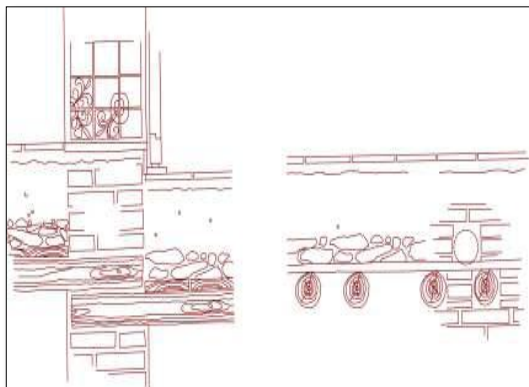


Figure 32 : Détail plancher



Figure 40 : Détail plancher

4.2.2.3. Les ouvertures

Les ouvertures des maisons d'Alger, portes et fenêtres, sont encadrées par des rondins de thuya qui est bien encastré dans la maçonnerie. Cela apparaît dans les maisons intra-muros, dans celles du Fahs ainsi que dans le Palais du Dey.

Conclusion

L'habitat traditionnel en Algérie est un résultat de plusieurs d'années de pratique et d'expérimentation, elles sont engendrées par des personnes qui ont conçu leur environnement, suivant les considérations sociales, culturelles et naturelles. L'habitat traditionnel est intégré à l'environnement immédiat, elles donnent une continuité visuelle entre la maison et le site, cette relation se manifeste aussi dans la construction de la maison par l'utilisation des matériaux de construction qui sont disponibles sur site. Les techniques de construction qui sont utilisées jouent un rôle important dans l'adaptation de la maison au site et assure la résistance contre le séisme.

Introduction

Ce chapitre est consacré aux différentes solutions apportées pour résoudre les pathologies sur un site qui sont structurées par élément porteur à savoir les fondations, les planchers et les murs porteurs. Des méthodes adaptées seront envisagées en fonction du type de structure horizontale ou verticale.

La réhabilitation des ouvrages devra tenir compte des interactions entre les effets induits par les structures verticales et horizontales et devra donc traiter les désordres dans les murs et au niveau des ouvrages portés, le ravalement des façades, altérées par de multiples agents agresseur sera la dernière phase de l'intervention et dont le traitement fera appel à des techniques appropriées selon la nature des parements, le degré de délabrement et d'encrassement de ces dernières.

1. Principes sismiques :

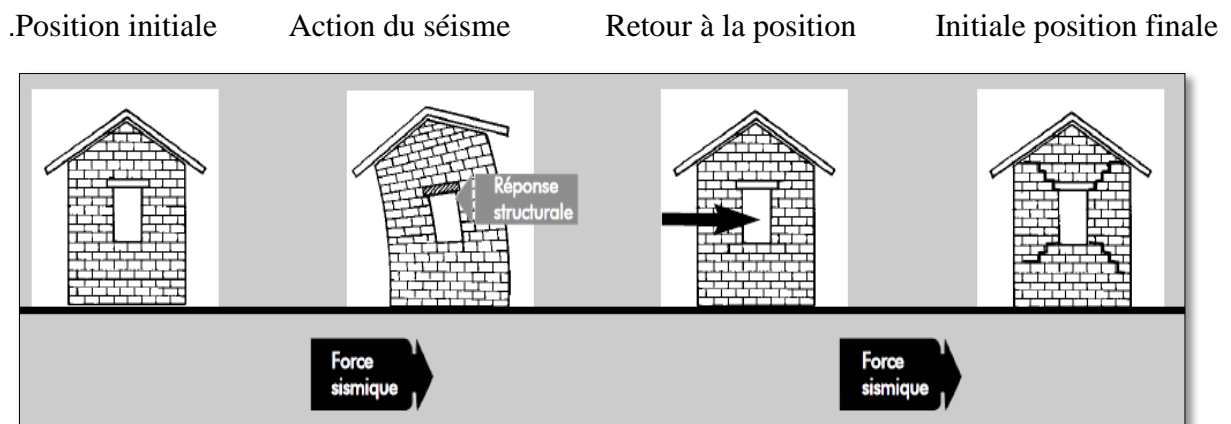


Figure 33 : Les effets d'un séisme sur la construction

2. Forces sismiques :

Quand un séisme se produit, une habitation est secouée simultanément par des mouvements d'oscillation verticale, des forces horizontales et de torsion, et elle réagit au séisme en fonction de ses caractéristiques : forme et type de matériau.

Pour mieux comprendre ce phénomène, nous allons séparer les trois mouvements.

2.1. Forces horizontales :

Le passage des ondes sismiques provoque des vibrations du sol générant dans la construction des forces horizontales qui la secouent, la balancent, la déforment et la démolissent. La flexion et le cisaillement des murs provoquent des éboulements et glissements par rapport aux fondations.

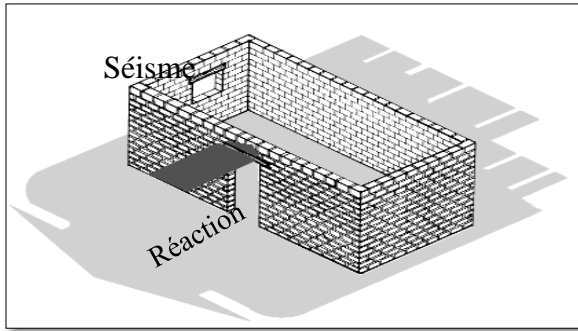


Figure34 Les actions de la force horizontale

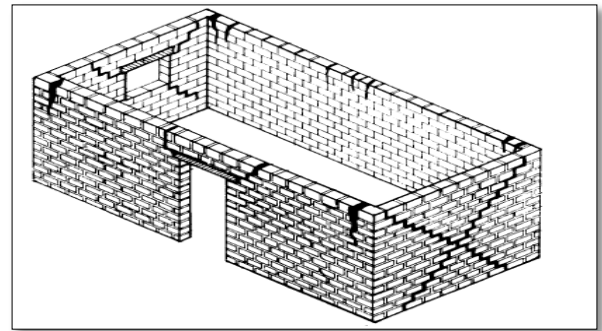


figure35:Les Effets de la force horizontale

2.2. La force verticale (oscillation verticale) :

C'est l'autre type d'oscillation qui se produit sur le chemin d'un séisme, les effets qu'il produit sont minimes, seuls seront affectés les éléments de poids considérable comme peuvent l'être les arches, colonnes, structures de toiture, ainsi que les éléments suspendus tels que balcons, auvents, etc.

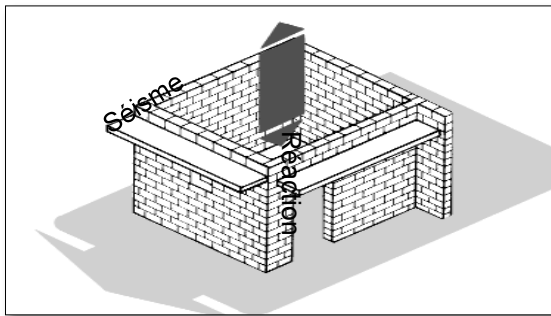


figure36 : Les actions de la force verticale

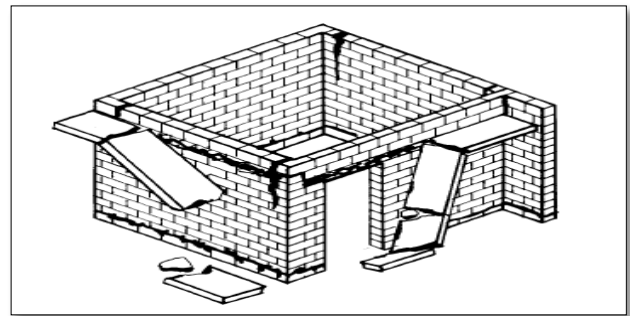


Figure37:Les Effets de la force verticale

2.3. Les effets de torsion (Oscillation de torsion) :

Elle est produite par le déplacement horizontal du sol, associé à des forces latérales. Les effets de la torsion sont plus ou moins importants selon la forme de construction, par exemple une habitation de forme irrégulière dont le centre de gravité ne coïncide pas avec le centre de rigidité est plus exposée à des dommages.

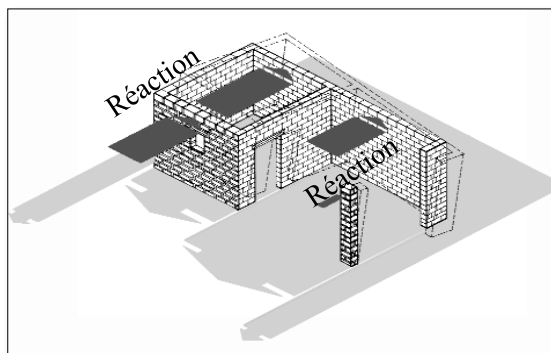


Figure38 : Les actions de la torsion

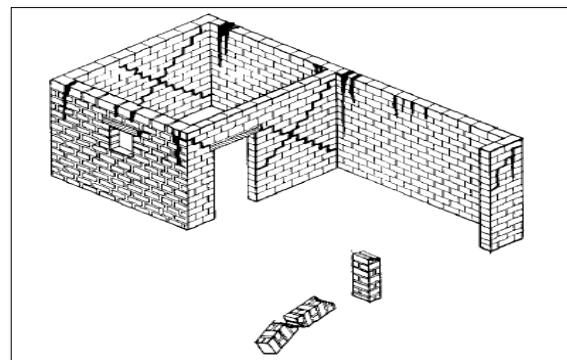


Figure39 : Les Effets de la force torsion.

3. Effets des séismes sur une maison :

Chapitre IV : Les modes de réparation curatives et préventives

Pour résister à un séisme, une maison doit réunir certaines conditions minimales en termes de techniques de construction, de bon usage des matériaux et de conception adaptée. Voici quelques exemples des effets à éviter : maisons de forme irrégulière dans leurs dimensions ou leur hauteur.

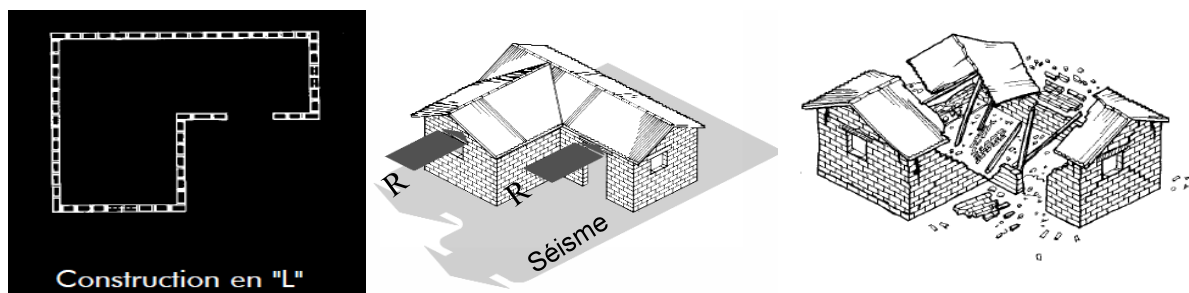


Figure40 : les mouvements et les effets d'un séisme sur la construction en « L »

Cette habitation présente des murs de différentes dimensions qui, face à un séisme, n'auront pas des comportements satisfaisants, ce qui conduit rapidement à l'écroulement de la maison.

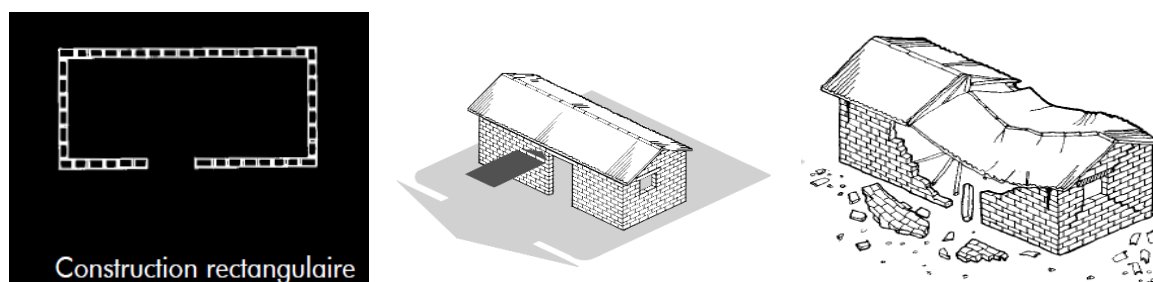


Figure41 : les mouvements et les effets d'un séisme sur la construction rectangulaire

Les parois de grandes dimensions sans murs de soutien intermédiaires et sans contreforts résistent moins bien et s'écroulent rapidement. Des maisons aux murs hauts et minces, présentent de moindres résistances et stabilité au séisme.

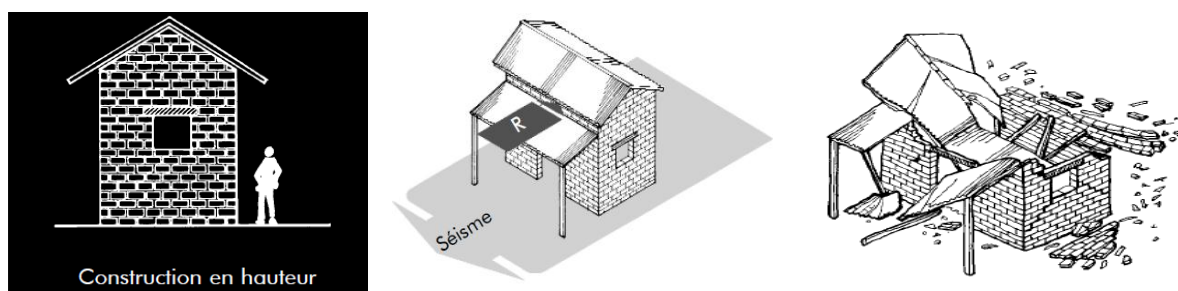


Figure42 : Les mouvements et les effets d'un séisme sur la construction en hauteur

4. Solutions curative

4.1. Évaluation des dégâts occasionnés par un séisme

Après un séisme, si la maison est restée en place, la première chose à faire est de réaliser une évaluation détaillée de l'état physique de la maison :

- vérifier les dommages et les causes (erreurs de construction et d'implantation).

Chapitre IV : Les modes de réparation curatives et préventives

- déterminer si l'habitation peut être réparée ou si elle doit être démolie.
- si on décide de démolir l'habitation, cela doit être fait immédiatement.
- si on décide de la réparer, il convient d'évaluer l'habitation de façon globale, avec les types de dommages, les priorités et les étapes.

4.2. Les solutions à apporter

4.2.1. Pose d'étais

Une fois l'évaluation effectuée, on procède à la stabilisation des parties endommagées de l'habitation au moyen d'étais qui doivent les assurer jusqu'à ce que la réparation intervienne.

-si nécessaire, il convient de limiter l'accès à l'habitation pendant cette période, afin d'éviter les accidents.

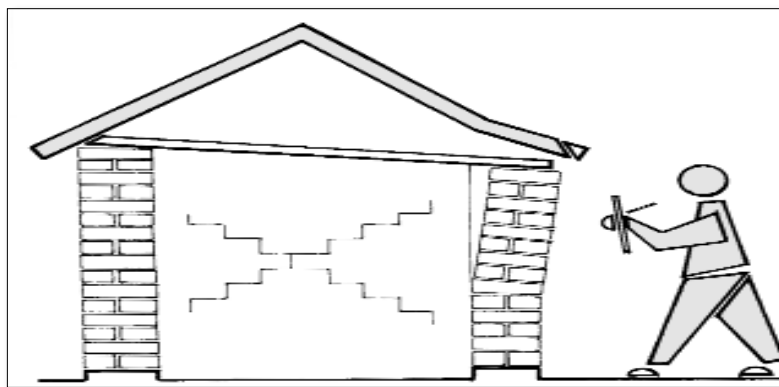


Figure43 : mode de pose d'étais à la constriction endommagée

4.2.2. La réparation

Avec les données obtenues à l'étape d'évaluation, on passe à la définition des priorités pour la phase de réhabilitation de l'habitation, en commençant par les zones fortement détériorées.

- démontage et reconstruction des parties endommagées.

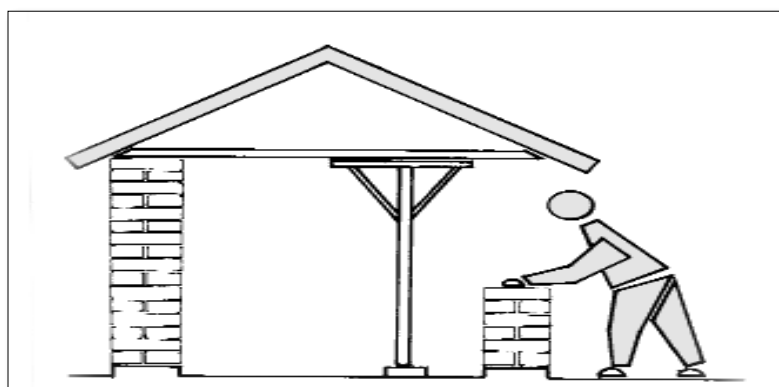


Figure44 : Réparation des parties endommagées à la constriction.

4.2.2.1. Toiture

Chapitre IV : Les modes de réparation curatives et préventives

Une maison après un séisme présente des fissures dans la partie qui supporte la structure du toit. Cette situation intervient surtout lorsque la poutre chaînage est absente, cette poutre servant à répartir horizontalement la charge.

La première action sera de déposer les tuiles du toit afin d'éviter qu'elles ne continuent à tomber et libérer la structure pour un meilleur travail d'étayage de la toiture soutient de la toiture, Ceci en particulier s'il s'agit de tuiles demi-rondes de type colonial dont le poids est considérable et dont la chute peut entraîner des accidents.

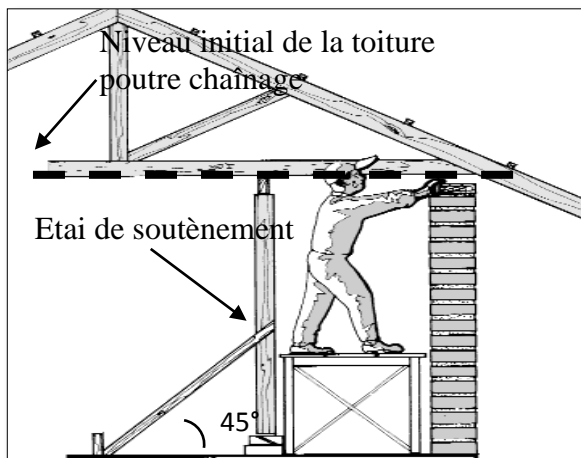


Figure45:la réparation des toitures

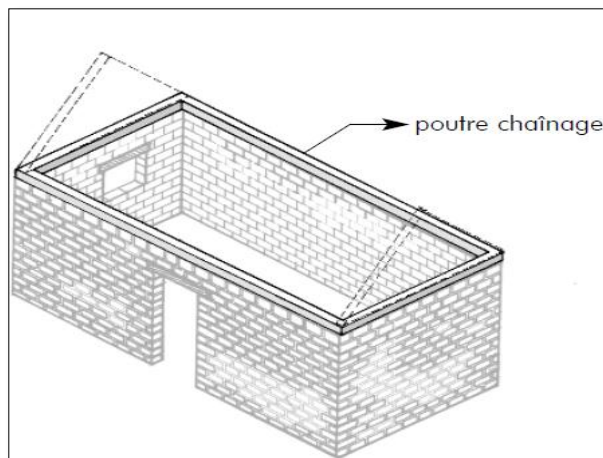


Figure46: installation des poutres de chaînage

Une fois l'étayage de la toiture mis en place, on procède au démontage des briques d'adobe détériorées ainsi qu'à la dépose de la dernière assise d'adobe pour la remplacer par une poutre chaînage (qui peut être en bois, en mortier, en bambou ou autre).

Après cela, on peut redescendre la structure de la toiture dans sa position initiale.

4.2.2.2. Mur pignon

✓ Réparation du pignon

Après un séisme, il est fréquent de constater la rupture du mur pignon, dans la mesure où ce dernier est en général libre.

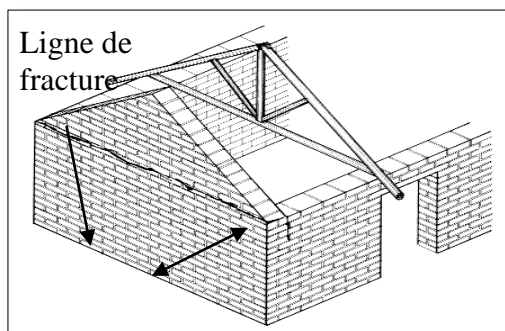


Figure 47 : mode de réparation des Mur pignon

Chapitre IV : Les modes de réparation curatives et préventives

Pour l'installation des clés, il est conseillé de perforer le mur pour réaliser des trous d'environ 5 cm de diamètre pour y installer des fers de construction noyés dans du mortier de ciment. Il est préférable de réaliser un trou entre les joints afin de ne pas endommager l'adobe.

Si lors de l'évaluation, on constate que le pignon présente une rupture mais qu'il est encore stable et d'aplomb, on peut procéder à sa réparation et à son renforcement à l'aide de clés disposées transversalement par rapport à la ligne de rupture.

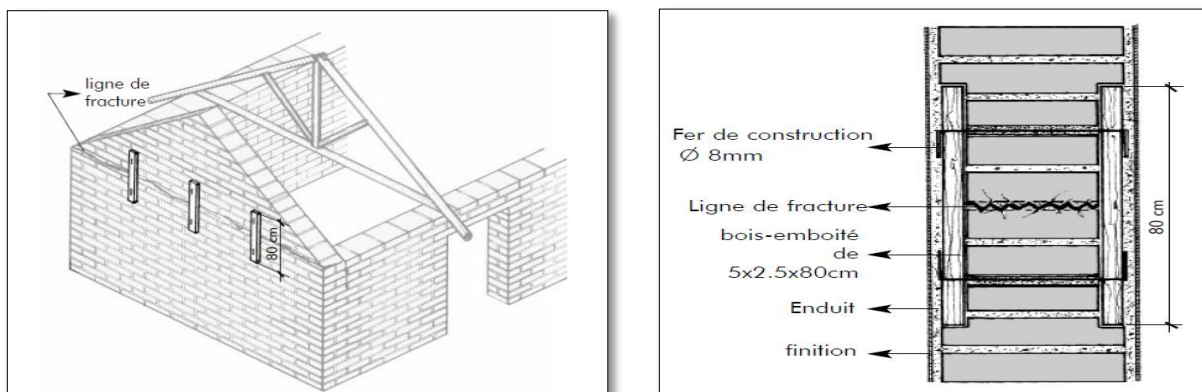


Figure 48 : Détails de l'installation d'une clé transversale la ligne de rupture

✓ Pignon allégé :

Si le séisme a détérioré le mur pignon et qu'une partie de ce dernier s'est écroulée, il est recommandé de le démonter et de le remplacer par une ferme de toiture ou une structure en bois beaucoup plus légère et résistant mieux à un séisme.

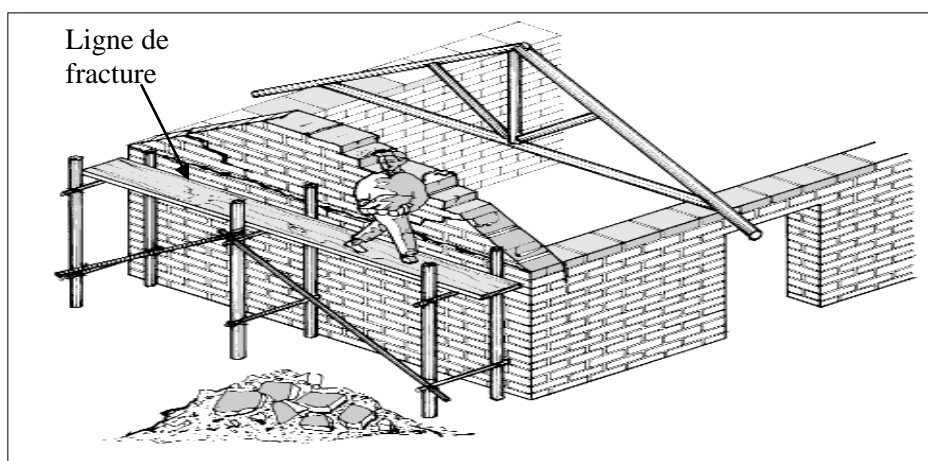


Figure 49 : mode de réparation des Mur pignon allégé

La structure du toit est réalisée selon la technique du torchis, qui consiste à fabriquer un treillis de tiges de canne ou autres, revêtues d'un mortier de terre.

Ce détail de la structure du pignon permet de voir de plus près comment est réalisée la solution des tiges de roseau fixées avec du fil de fer galvanisé et revêtues d'un mortier de terre.

4.2.2.3. Angles des murs :

✓ Renforcement au moyen de clés

L'une des zones fragilisées par un séisme est celle des jonctions au niveau des angles, en particulier quand l'appareillage n'est pas parfaitement réalisé.

Si les fissures sont limitées et qu'il n'y a pas de décollement, on pourra réparer en installant des clés. Il est recommandé de les installer toutes les 5 couches et toujours avec reprise dans les joints.

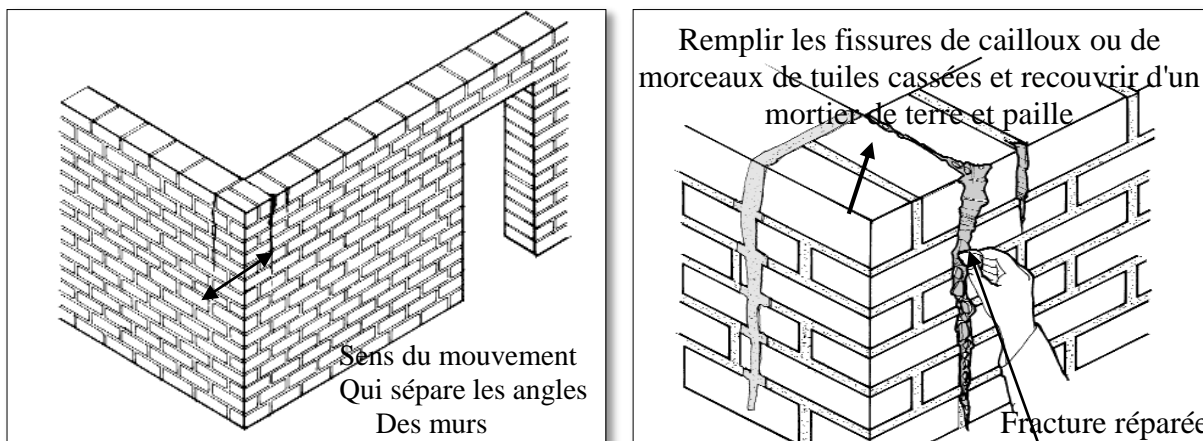


Figure50 : Renforcement au moyen de clé dans les angles des murs

L'insertion dans le mur pour l'installation des pièces de bois qui composent la clé doit être faite avec beaucoup de soin, afin d'endommager le moins possible les briques d'adobe.

On recouvre ensuite d'un mortier de terre et paille et on remplit les espaces restants entre la clé et le mur.

✓ Démontage et reconstruction (Raccordements des murs) :

Lorsque les raccordements de murs présentent des dommages importants, par exemple avec écroulement de leurs parties, il convient de procéder à une réparation plus approfondie et délicate.

On commence par démonter le mur selon une forme d'escalier des deux côtés, puis on pose de nouvelles briques d'adobe pour lever le mur et pour éviter que ne se reproduisent-les détériorations, on installe toutes les 4 couches un renfort (clé) qui restera noyé dans le mur.

D'autre solution consiste à reconstruire à l'aide de contreforts ou de chevilles, pour cela il faudra reprendre à partir des fondations.

Dans le détail du renfort, on peut voir une solution de type "clé" réalisable à l'aide de tiges ou de cannes, dont le comportement parasismique est efficace. On peut aussi utiliser d'autres matériaux et techniques, bois, bambou ou treillis avec mortier.

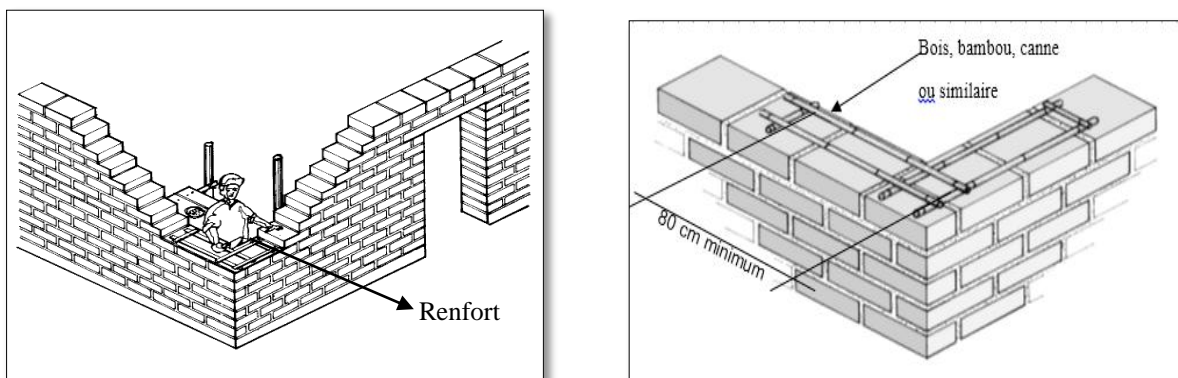


Figure 51 : le renfort au niveau de raccordements des murs et ce détail

4.2.2.4. Les murs

Après un séisme, si un mur subit des déplacements et présente un défaut d'aplomb de 2% par mètre linéaire, il faut le démonter ou le démolir complètement, puisque ce défaut d'aplomb fait que le mur perd sa capacité portante. Pour cela, il convient de démonter le mur en vérifiant auparavant la stabilité de la toiture préalablement étayée.

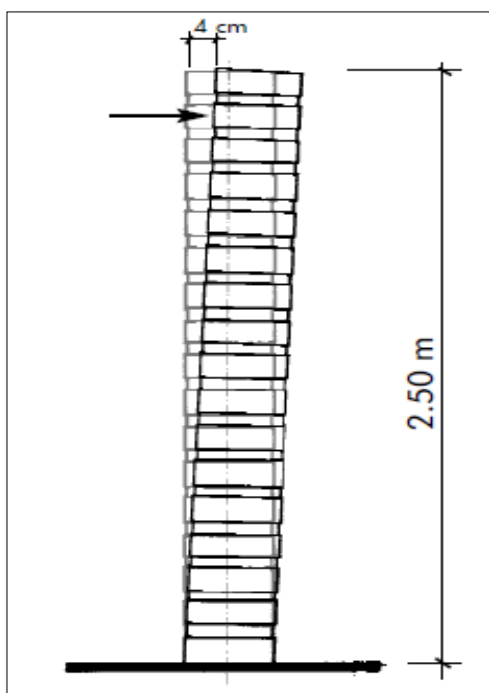


Figure 52 : Déplacement en éventail

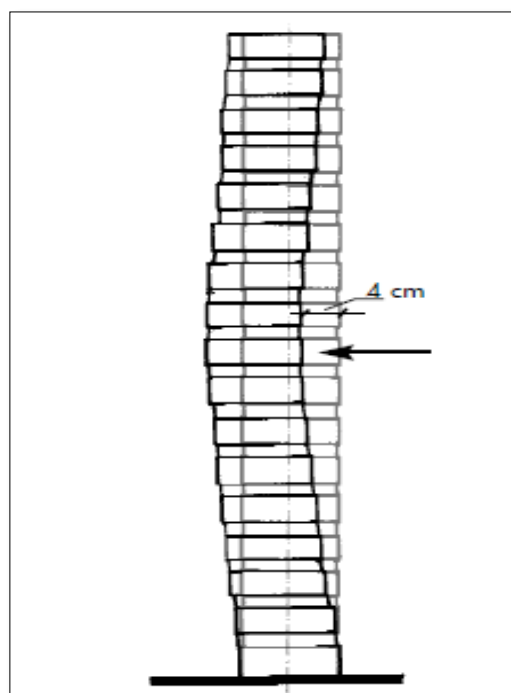


Figure 53 : Déplacement central (saillie)

Si le défaut d'aplomb est inférieur à 1% et que les murs ne présentent pas de dommages ou fissures diagonales qui le traversent complètement, on peut procéder à la réparation des parties affectées.

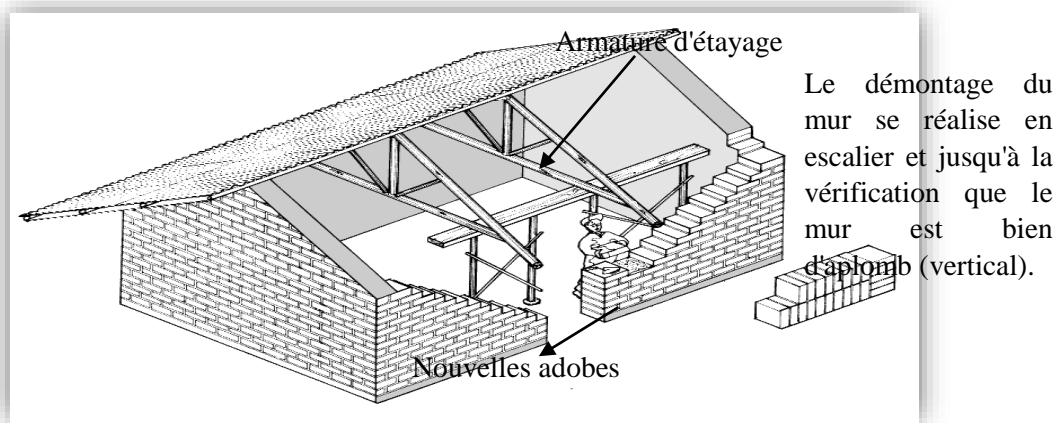


Figure54 : Le démontage du mur se réalise en escalier

4.2.2.5. Les fondations et soubassements

L'une des causes les plus fréquentes de détérioration des murs d'une maison est due au fait que ceux-ci se trouvent en contact direct avec le sol, ce qui en fait un élément vulnérable sur le trajet d'un séisme.

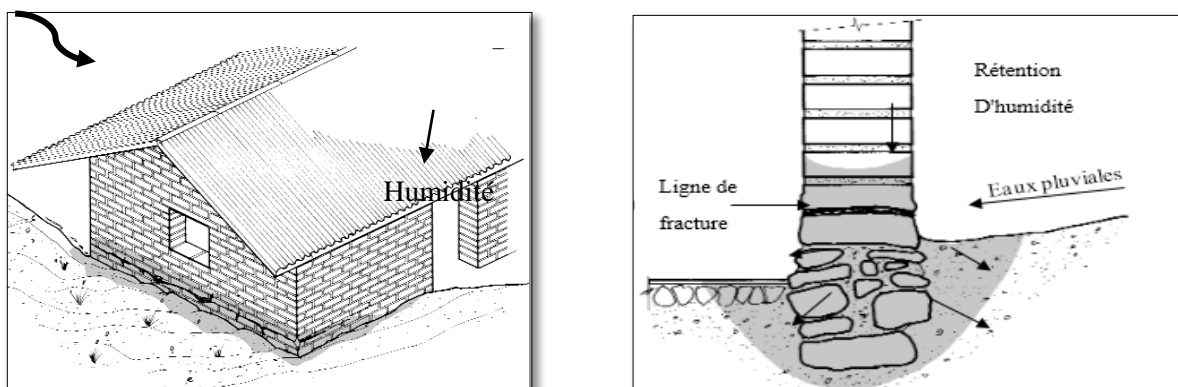


Figure 55 : les détérioration des murs, des fondations et soubassements

Exemple : murs situés dans un terrain avec pente inclinée vers le mur. Fondations et soubassements de mauvaise qualité et instables, propices aux affaissements du fait de l'humidité et de la mauvaise qualité des sols.

✓ **Nettoyage et mise à niveau :**

Si après un séisme le mur présente des fissures par tronçons et que les briques d'adobe sont en bon état, on peut éliminer la terre qui recouvre le mur jusqu'à trouver les soubassements et laisser le niveau du sol 10 cm au minimum au-dessous des soubassements.

✓ **Démolition et reconstruction :**

Si après le séisme la base du mur présente des éboulements, des fissures dans l'ensemble du mur et des écroulements qui mettent en danger la stabilité du mur, il convient au préalable de l'étayer et de le démonter, pour reconstruire un nouveau mur après reprise des fondations.

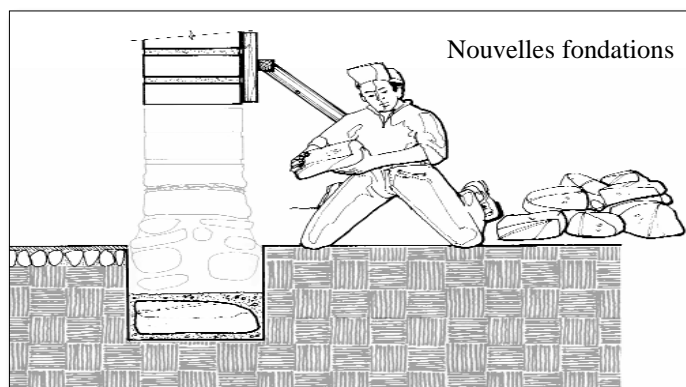


Figure 56 : réparation des fondations

✓ **Étapes de réparation des murs :**

La manière correcte de réparer un mur endommagé dans sa longueur se subdivise en plusieurs étapes :

- ✓ Diviser la longueur de la zone endommagée en tronçons de 1,20 m - 1,50 m, en commençant par les extrémités

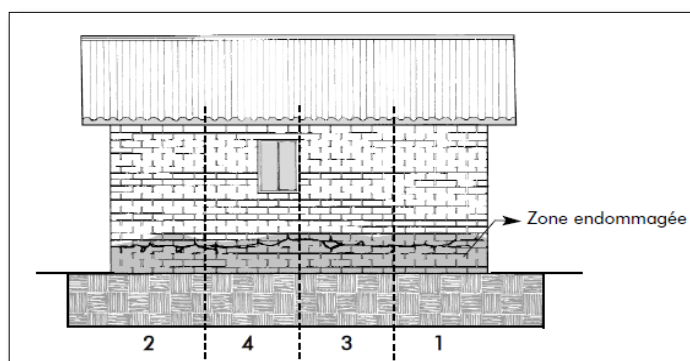


Figure 57 : les zones endommagées aux murs

- ✓ Une fois divisé le mur, on procède à son étayage latéral. On démonte ensuite la première partie choisie en formant ce qu'on appelle un arc de décharge. On reconstruit alors les fondations et soubassements (si ceux-ci sont affectés ou inexistantes), puis à la reconstruction du mur

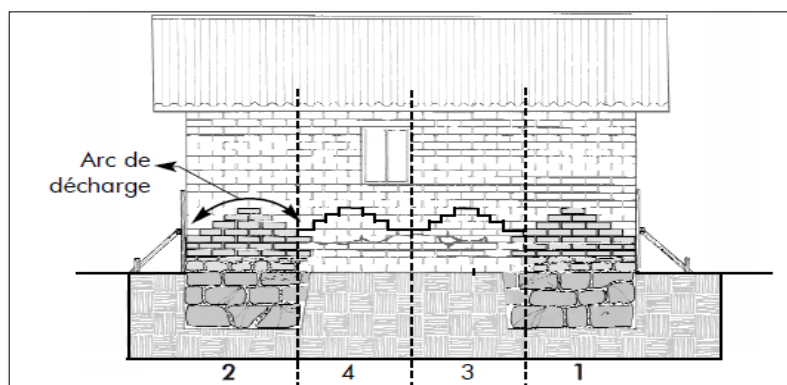


Figure 58 : réparation des dommages par les arcs de décharge

Chapitre IV : Les modes de réparation curatives et préventives

- ✓ Changer de position et passer de l'autre côté afin de stabiliser la maison et ainsi de terminer successivement les différentes parties sélectionnées, position 3 et position 4.
- ✓ avant de placer la dernière brique d'adobe, on laisse sécher le mur afin qu'il se tasse et prenne sa position finale (sous l'effet de sa rétraction et de son poids propre);
- ✓ une fois placée la dernière brique d'adobe, prendre soin d'insérer au niveau du joint supérieur quelques cailloux plats afin de stabiliser le mur dans son ensemble.



Figure59 : réparation finale des murs

4.2.2.6. Réparation des enduits

- ✓ **Vérification des dommages**

Vérifier les parties de l'enduit qui sont détachées au moyen de petits coups de manche, s'il y a une sonorité de creux, c'est qu'il y a détérioration, procéder à l'élimination du mortier détérioré.

- ✓ **Élimination du mortier détaché :**

Après un séisme, un mur présente des fissures qui correspondent aux effets types que produit un séisme. Si la maison est réalisée avec des mortiers de recouvrement, ceux-ci subissent aussi fissures et détachements. L'élimination des parties de mortier endommagé permet de vérifier l'importance des fissures que présente le mur et ainsi d'évaluer sa réparation.

- ✓ **Nettoyage :**

Avant de réparer un mortier, on commence par réparer la fissure du mur en nettoyant la ligne de la fissure.

- ✓ **Remplissage**

On installe quelques cailloux de pierre ou de terre cuite, enfoncés de force, puis on recouvre de mortier de terre. Après séchage, on réalise le mortier de recouvrement de façon à obtenir un raccordement avec le mortier existant.

5. Les solutions préventives

5.1. Action au niveau des sols

Le traitement des sols se fait par des additifs pour réduire le gonflement, le traitement à la chaux peut constituer un traitement en soi mais il faut déterminer le pourcentage de chaux à utiliser.

L'amélioration des caractéristiques des sols se fait par injection, son principe consiste à introduire sous pression un mortier dans des forages de 100 mm de diamètre et de 0.5 m à 2 m de hauteurs de tranche pour l'amélioration des caractéristiques géotechnique par refoulement du sol environnant et pour consolider sous les fondations, ce qui permet d'avoir augmentation de la capacité portante du sol.

5.2. Réhabilitation des structures horizontales et verticales dans la construction

5.2.1. Les étaielements

Les étaielements de consolidation, en partie ou en totalité sont les moyens de donner momentanément et de façon artificielle, une nouvelle stabilité à la construction. Ce système devra être indéformable, soigneusement triangulé, effectué en prenant le soin.

Des mesures de protections spécifiques à l'étais seront de mises, les étais doivent être simples et éventuellement progressifs, ils sont appliqués de sorte à reprendre sans créer de nouvelle contrainte, ils ont pour but :

- ✓ Consolidation d'urgence qui se fait après apparition d'un désordre soudain.
- ✓ Consolidation semi-permanente, indiquée lorsque l'opération de restauration est soumise à des latences dues à des considérations budgétaires

5.2.2. Réhabilitation des fondations :

La configuration topographique, la nature de sol et la densité de bâtiment guideront le mode de consolidation et de renforcement des fondations, ces derniers nécessitent une intervention adaptée dont le but sera de remédier à des défauts. L'étude de la portance et du type de sol des fondations fera l'objet d'une attention particulière.

Les phases de l'intervention sont en trois phases :

- ✓ Les étaielements
- ✓ Exécution du sous-œuvre
- ✓ Remise en charge

Ces phases conditionnées par : le degré de détérioration, les techniques de réparations connues, les budgets nécessaires et leurs disponibilités, les méthodes de consolidation et de renforcement des fondations et les méthodes de réparation sont nombreuses et touchent bien le sol que les fondations, il sera nécessaire de :

Chapitre IV : Les modes de réparation curatives et préventives

- ✓ renforce les fondations préexistantes
- ✓ renforce par les parois moulées
- ✓ injection des produits chimique en vue d'améliorer la perméabilité des sols
- ✓ mettre en place des tirants avec boulons d'encrage

Pour le renforcement en sous œuvre par élargissement du mur porteur, c'est une intervention qui s'effectue sous la fondation à renforcer permettant de stabiliser le mur, son principe est exprimé en deux parties :

- ✓ renforcement d'un versant du sous œuvre par le creusement en dessous de la semelle par tranche de 2m et couler une semelle en béton armé Reproduire les opérations sur le versant opposé de la semelle.



Figure60 : stabilisation du mur par

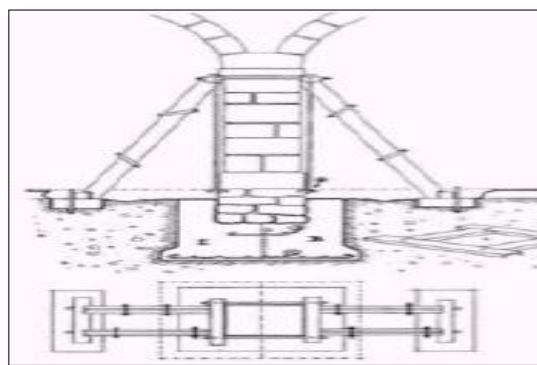


Figure 61: reprises en sous-sol

Pour le renforcement de la fondation par poutre transversales, cette technique nécessite un système d'étayage maintenu en place pendant toute la période d'exécution, elle fait par :

- ✓ La reprise des poutres longitudinales
- ✓ Rattacher les armatures de ces poutres aux fers d'attente laissés au-dessus des poutres longitudinales.
- ✓ Laisser des fers d'attente au point où seront réalisées les poutres transversales de liaison

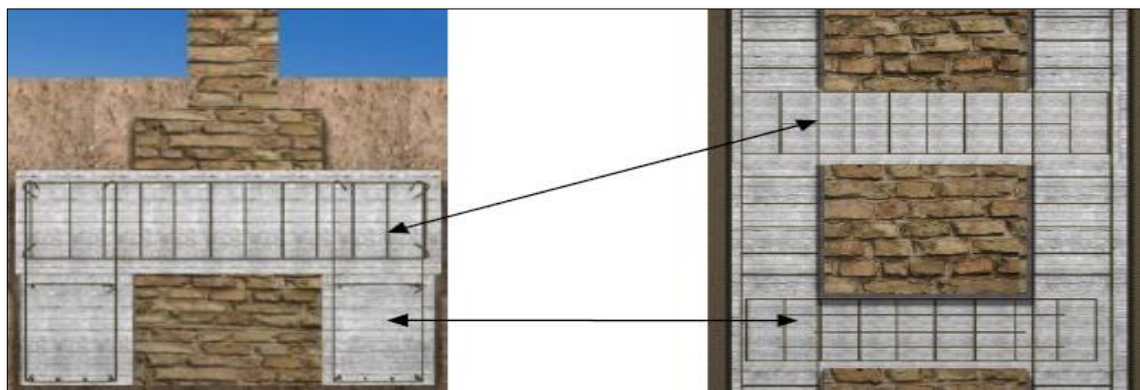


Figure62 : renforcement des fondations par des poutres longitudinales rattachées par des poutres transversales.

Les poutres longitudinales et les traversines sont coulées les unes après les autres afin d'éviter les effets du retrait, il est nécessaire de mouiller abondamment la maçonnerie et /ou utiliser des bétons spéciaux anti-retrait.

Il y a d'autre mode de renforcement des fondations existant aux moyens de poutres en béton armé ou la poutre est en forme de « L » joue un double rôle et aussi de soutènement de la maçonnerie de fondation, les deux poutres en adhérence relient la maçonnerie de la fondation à celle qui s'élève de la base.



Figure 63 : renforcement de la fondation par une poutre en forme de « L »

5.2.3. Réhabilitation des planchers :

La réhabilitation des planches se fait par deux façons :

- ✓ La reconstruction de plancher par la mise en place de rondins de thuya, remplissage de terre ou d'argile, isolant hygrométrique, mortier de pose à base chaux et revêtement.

Chapitre IV : Les modes de réparation curatives et préventives

- ✓ Refaire des planchers, en place les rondins et solives en bonne état de conservation, le traitement des éléments porteurs atteints se fera sur site, les éléments détériorés seront remplacés par des éléments nouveaux de la même nature.

Le traitement du plancher et la remise en état du plancher consiste à éliminer les poussées horizontales au niveau des appuis des poutres et supprimer leurs flèches, ce traitement se passe par un relevé détaillé :

- ✓ Traitement du bois par des substances
- ✓ Traitement du gauchissement et des fentes par le renforcement des éléments par l'injection d'huiles essentielles ou par l'application d'une peinture.

Le traitement de la poutre porteuse se fait par l'ajoute des éléments de renfort en bois ou en profil en acier. Le positionnement de ces renforts est souvent latéral inférieur ou supérieur par rapport à l'élément à renforcer détériorées dans leurs zones d'encastrement au niveau du mur, ces dernières pourraient être traitées par des méthodes suivantes :

- ✓ Restauration de la poutre par renforcement, on pose de part et d'autre de la poutre défaillante des moises d'une longueur égale au $\frac{2}{3}$ à sa portée et centre sur l'axe de centre dernière, la mise en tension de la poutre dans son plan verticale longitudinale par la pose d'un câble ancré soit à ces deux extrémités soit dans le cours de la maçonnerie

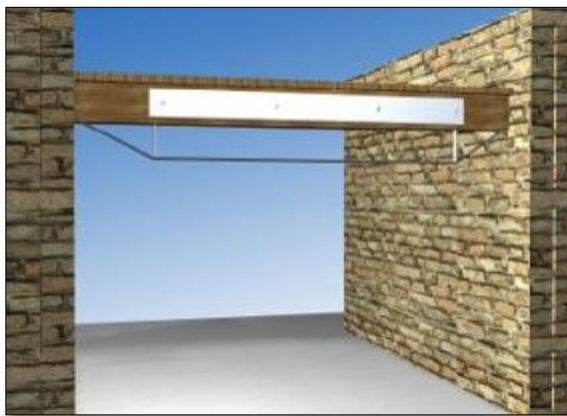


Figure 64 : renforcement de la poutre par la mise en tension

- ✓ Renforcement des solives porteuses par adjonction de profilés métalliques, ces profilés prennent appui soit directement sur la structure existante soit sur une structure intermédiaire, elle donne la possibilité d'intervenir sans dépose du plafond existant.
- ✓ Restauration des extrémités des poutres en bois par l'emplacement d'une poutre en fer ou en béton armé.

Chapitre IV : Les modes de réparation curatives et préventives

Pour la reconstitution de toiture plate à partir d'une dalle en béton de chaux armée, cette technique a permis de connaître le dosage et les différents types de chaux à utiliser ainsi que les pouvoirs d'adhérence entre un matériau végétal.

5.2.4. Réhabilitation des constructions en maçonnerie :

Les maçonneries sont pourvues en élévation de beaucoup de renforcement liaisons et chainages en longueur et en épaisseur, l'opération de réhabilitation est axée sur deux domaines parallèles et superposés de la restauration et de l'entretien :

5.2.4.1. Traitement des déformations des murs :

La cause de la déformation et rétablir la verticalité du mur, il faut faire un diagnostic des désordres, on peut poser un tirant puis un chaînage en haut du mur :

5.2.4.1.1. Traitement des voutes :

Dans le cas de voute enterrée, les poussées sont contrebutées par les terres qui maintiennent les murs porteurs à la verticale, il arrive qu'elles déforment les murs porteurs lorsqu'ils sont dégagés par une excavation, la technique réparatrice à ce niveau consiste à créer un circuit de ventilation avec une entrée d'air en perforant au niveau de sa partie basse pour l'évacuation de l'air humide qui se fera par une perforation haute du côté opposé vers un niveau d'évacuation de sortie supérieur en prenant le soin d'aménager en parallèle un mini drain du côté de l'entrée.



Figure 65 : disposition du tirant au niveau de la naissance de la voute.

5.2.4.1.2. Traitement du déchaussement :

Procéder au repositionnement des briques déchaussées en utilisant des éléments aussi proches que possibles des originaux, appareiller avec un mortier de liaison à la chaux, le mortier peut être stabilisé en utilisant de la chaux hydraulique.

5.2.4.1.3. Le traitement des efflorescences :

Responsable de l'altération en surface des murs, pour les murs hourdés en maçonnerie de pierre calcaire, le traitement contre les sels consistera en un brossage avec acide oxalique ou fluorure.

5.2.4.2. Remplacement partiel ou total des pierres altérées :

Selon le cas et le degré de détérioration de l'élément de parement, il faudra procéder après confortement de la structure à un remplacement total (pierre cassée) ou partiel (pierre détériorée), la technique souvent adoptée dans le cas de remplacement d'une ou deux pierres, la nature et la qualité de la pierre de remplacement devra obligatoirement répondre à trois exigences : l'éthique, l'esthétique et la technique.

Dans le cas de réfection de la pierre on propose les étapes suivantes :

- ✓ Purger sur tout la profondeur de la décohésion par le refoulement de pierre dégradée sur la totalité de sa surface en la découpant jusqu'aux joints latéraux.
- ✓ Laisser sécher le défoncement pendant plusieurs jours.
- ✓ Remplissage du défoncement dans le mur par un morceau de pierre de substitution par scellement au goujon.
- ✓ Procéder au rejointoiement sur une profondeur de 2cm autour de la pierre nouvellement posée par un mortier riche en liant hydraulique de compacité voisine à celle de la pierre après serrage au fer de prise.

5.2.4.3. Technique réparatrice des désordres dans le cours du mur :

Les désordres se traduisent par des types limités à savoir les fissures, les techniques réparatrices seront proposées en faisant l'hypothèse que nous avons remédié aux causes même de leur apparition.

Pour le colmatage des fissures de largeur inférieure ou égale à 2mm, cette technique réparatrice efficace dans le cas de fissures passives consistera à un simple rebouchage de ces dernières avec un mortier à prise lente composé de chaux aérienne et sable tamisé présentant la même caractéristique qui existe dans le mur, lorsque la fissure est plus profonde on procède à l'injection de mortier liquide sous basse pression.

Pour les fissures dépassant les 10 mm de large, la technique réparatrice efficace dans le cas de fissures passives à l'intérieure ou à l'extérieure du parement dans les joints verticaux des murs après le nettoyage de ces derniers, placés tous les 25cm en raison de 10 à 20 épingles, cette opération consiste à suivre les étapes suivantes :

- ✓ Affouiller à cœur les joints verticaux susceptibles de recevoir les épingles en débarrassant les parements de part et d'autre du coup de sabre des traces de mortier sur 70cm, de poussière et de salissures

Chapitre IV : Les modes de réparation curatives et préventives

- ✓ Choisir les joints verticaux d'ancrage opposé dans l'une et l'autre maçonnerie à une distance de 2 ou 4 pierres du coup de sabre.
- ✓ Placer les épingles au rythme d'une par assise et tenant compte d'un décalage dans leur ancrage d'au moins une pierre par rangée horizontale.
- ✓ Dégarnir les joints des pierres chevauchées par les épingles sur une largeur dépasse d'environ 30 cm les ancrages des épingles.
- ✓ l'épingle ancrée de façon à ce que le corps des épingles se trouve de 1 à 2 cm du parement.
- ✓ La partie préparée du mur ainsi que les épingles sont fouettées après avoir préalablement mouillé le parement avec un enduit.



Figure 66 : épingle protégée ancré dans le mur pour renforcement **Figure67** : remplacement des parties lézardées par des agrafes métalliques

Pour la réparation des fissures par injection ; cette opération consiste à insérer dans les fissures un produit plus ou moins liquide, sous faibles pression d'injection permettant de créer une liaison mécanique et une étanchéité entre les parties disjointes des parements du mur de façon à colmater le vide entre les lèvres de la fissure.

5.2.4.4. Reprise et renforcement au niveau des intersections de mur

Les intersections des murs sont particulièrement vulnérables car généralement mal ou pas liaisonnés, il en résulte de larges fissures verticales ou des séparations totales éliminant les effets d'interaction, les réparations devront être combinées avec celles de rigidifiassions des intersections, ces opérations seront effectuées en utilisant les méthodes suivantes :

- ✓ Consolidation des intersections, elle consiste à placer des brique liaisons ou des moellons liaison qui seront communs aux deux murs, ces liaisons seront effectuées environ tous les 70cm avec des pièces de même texture, caractéristique mécaniques et physique, le vide du fissure sera remplie de mortier injecté.

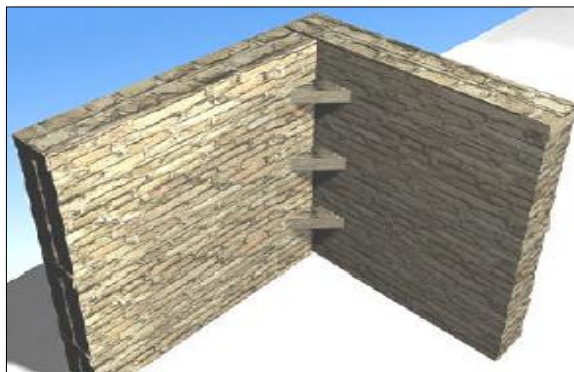


Figure 68 : renforcement par des briques,
liaison commune aux deux murs.

- ✓ Utilisation des fers plat pour liasonner les murs, cette méthode consiste à réaliser des liaisons avec des fers plat, avec une tête plate assez large seront encastrés en liaison dans les deux murs, le nombre et la distance d'ancrage sera définie en fonction de l'état et du type d'éléments constituant les parements des murs, la distance varie en moyenne de 50 à 70 cm ou la fissure sera ensuite réparée en procédant à la pose de treillis métallique.

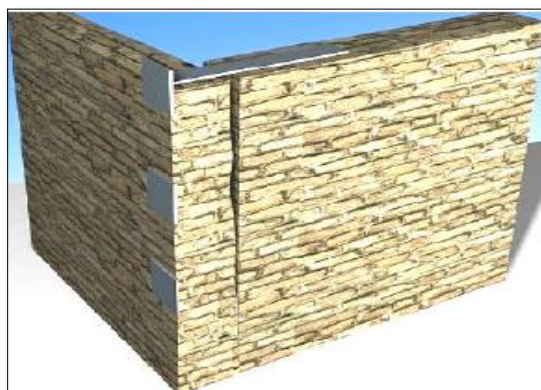


Figure 69: renforcement des deux murs en L par des fers plats en T **figure 70:** renforcement de la liaison des deux murs en T par des fers plat en T

- ✓ Utilisation des tirants en acier afin de remédier aux fissures des murs, le procédé consiste à placer une tige métallique réglable avec un système de boulonnage à l'extérieur qui traverse l'édifice et retient l'écartement du mur extérieur, se système se fait par le positionnement de tirants en renforcement du système d'arcature. Les tirants sont des éléments linéaires ancré par forage dans la maçonnerie à une hauteur du 1/3 de la flèche d'arcades et fixés à deux murs opposés et à l'extrémité de la construction.

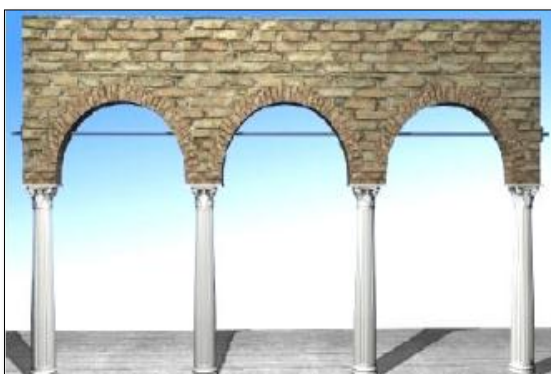


Figure 71: renforcement du système d'arcature



figure72 : système de réglage périodique

5.2.4.5. Renforcement des arcs, des voutes

C'est un procédé de renforcement des éléments linéaire posée pour étayer les arcs et les voutes visant à freiner l'effondrement du mur ou leurs déformations progressives transversalement à leur plan tels les tirant métalliques, ces derniers seront placées sur les parties tractées de l'extrados, la résistance aux surcharges au niveau des arcs pourra être effectué par l'introduction de barres d'acier, dans les voutes on fait le chaînage périphérique en acier ou en béton armé qui absorberont les poussées créés au niveau du soubassement.

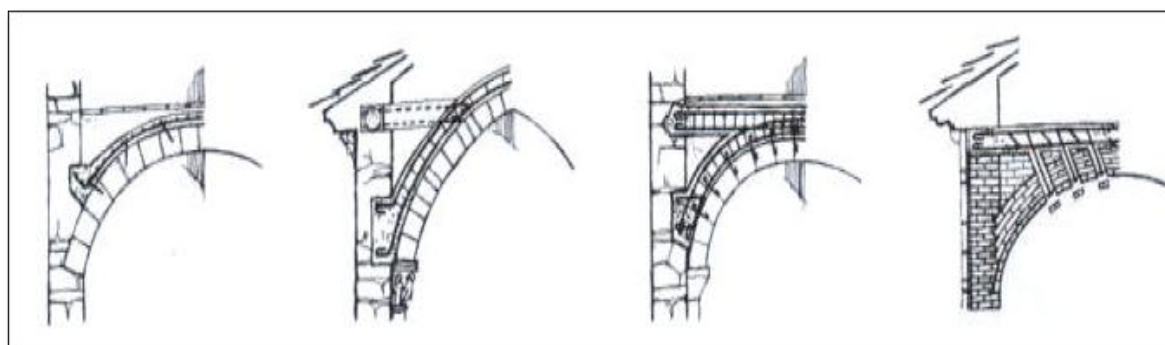


Figure 73 : renforcement des arcs par des tirants (chaînage périphérique)

5.2.4.6. Renforcement des contreforts

La construction ne dispose plus d'éléments suffisamment rigides, capables d'absorber les tensions ponctuelles créés aux point d'ancrage des tirants, c'est souvent le cas au niveau des voutes, des arcs et de tout élément introduisant des sollicitations inclinées, les poussées seront absorbées par des contreforts de fonction équivalent à celles des tirants.

5.2.4.7. Renforcement des murs structurants par chaînage

Système consiste à restituer la résistance initiale des murs de la construction par la disposition de ceinture ou de courroies sur le pourtour des murs structurant fermé montée en

appareillage en brique ou de pierre afin de les rendre plus robustes, les ceintures sont des éléments en fer ou en acier.

5.2.4.8. Renforcement des murs par des barres d'acier

Ce procédé consiste en un renforcement des murs hourdés en maçonnerie par la mise en œuvre d'armatures en acier à l'intérieur du mur, cette opération s'effectue par perforation croisée, les barres d'aciers seront placées à l'intérieure du mur embouties dans ces perforations qui peuvent atteindre quelques mètres, créant ainsi une structure secondaires renforçant la structure globale.

5.2.4.9. Renforcement au niveau du bouffement

Le bouffement est un cas évolutif de flambage, la technique réparatrice consistera en sa réduction par pression convergente contre la partie convexe du bouffement, cela par l'adossement d'un système d'étaieement successif de l'élément de la structure portée à l'origine de ce désordre et l'étaieement du bouffement lui-même d'abord au niveau des arcs de décharge supérieur.



Figure 74 : pose de boutisse après réduction du bouffement par étaieement

5.2.5. Renforcement de la structure par des polymétrie à fibre renforcée :

C'est une technique qui tend à conserver les caractéristiques structurelles originales et à améliorer leur comportement sismique, elles utilisent une petite quantité de matériau, ces derniers travaillent après dépassement de la résistance élastique de l'élément, l'application de cette technique reste large efficace et moins intrusif pour la conservation des caractéristiques matérielles et architecturales.

5.2.6. Ravalement des façades

Le ravalement est une opération délicate de remise en état des façades par des petites réparations des éléments qui la composent tels : les fenêtres et leurs appuis, éléments décoratifs, gouttières et les gaines et les réseaux divers.

Avant tout ravalement il est nécessaire de vérifier les points suivants :

- ✓ La recherche et la suppression des causes d'infiltration apparente ou pas sur la façade.
- ✓ Assurer du bon état de la structure de la construction afin d'éviter la réapparition des désordres liés à ces dernier après le ravalement.

5.2.6.1. Technique de ravalement des façades :

Les techniques adoptées pour le ravalement des façades sont tributaires par le type et degrés des taches, la nature des joints, et les matériaux de la façade, il faut donner le soin de faire un essai sur une superficie de 1m² afin de tester son efficacité, ces techniques de ravalement des façades sont déférent selon le type de façade :

5.2.6.1.1. Ravalement de façade en pierre :

Divers techniques sont préconisées selon que l'on veuille à la pierre sa couleur et sa vivacité ou que l'on recherche seulement à la rendre plus propre, cette opération consiste à enlever la pellicule de pierre salie par des moyens mécanique tels que le ponçage, le grésage, le grattage de fer, le nettoyage au jet de sable.

5.2.6.1.2. Ravalement de façade en brique de terre cuite :

On utilisera le même procédé de lavage et de brossage, l'opération de sablage sera effectuée avec précaution à la condition que les éléments constitutifs du parement soient plus ou moins en bon état.

5.2.6.1.3. Ravalement de façades recouvertes d'un enduit :

Cette opération sera tributaire de l'état de l'enduit, si les réparations à effectuer localement sont nombreuses on peut choisir :

- ✓ Décollement par plaque ou crevasse, il est nécessaire de procéder au décapage, dépoussiérage par brossage.
- ✓ En cas où l'enduit est seulement faïencé et son adhérence est bonne, on procédera à un nettoyage par un simple brossage à sec ou à l'eau, puis on protégera le parement par l'application des produits imperméabilisants.

Conclusion

Chapitre IV : Les modes de réparation curatives et préventives

la consolidation et le renforcement des fondations peuvent selon le cas connaître divers interventions après une étape de sécurisation du chantier et d'échafaudage de la construction, prenant la précaution d'assurer une meilleure portance des sols par des opérations d'injection qui sont des techniques contemporaine très avancée, par élargissement de la surface de contact de la fondation sur le sol pour réduire la contrainte de compression, les techniques utilisées sont essentiellement traditionnelle. Pour l'intervention sur les planchers à ossature en bois se fait par une augmentation de leur capacité portante avec des systèmes de renforcement de ces éléments, pour le renforcement des murs peut aller selon le degré de détérioration, d'un simple rebouchage et colmatage des fissures et par un remplacement partiel ou total des pierres ou brique de terre cuite altérées, ce remplacement se fera par des éléments présentant les mêmes caractéristiques. Le ravalement des façades est l'étape finale de l'intervention qui fait par des plusieurs méthodes.

Conclusion général

Conclusion

Construire a toujours été un des premiers soucis de l'homme et l'une de ses occupations privilégiées. Construire c'est mettre à la disposition des hommes une portion aménagée et conditionnée à leur convenance, mais c'est aussi utiliser avec intelligence les matériaux existants avec un degré de sécurité approprié pour réduire le risque sismique et préserver les vies humaines, surtout que les tremblements de terre dangereux se produisent au moins une fois par an et ceux qui ont ravagé le monde en sont témoins.

L'habitat traditionnel de structure de murs porteurs constitue un système complexe dont la stabilité vis-à-vis des actions verticales et horizontales est le résultat du travail d'ensemble de divers éléments constructifs (murs porteurs, murs de liaison et planchers). Ces éléments collaborent de manière non redondante à la stabilité globale, de telle manière que la défaillance individuelle de l'un d'entre eux peut facilement affecter les autres éléments en produisant un effondrement en cascade de tout ou partie de la structure.

Pour la conception parasismique à l'habitat traditionnel, il est très important que l'architecte et l'ingénieur civil travaillent en étroite collaboration dès le début du projet. Ainsi, des surcoûts notables et des adaptations après coup, de toute manière insuffisantes, peuvent souvent être évités, des principes de base importants et simples doivent être pris en considération dès la conception des structures porteuses et lors du choix des éléments non-porteurs (cloisons intermédiaires, façades). Il faut garder en mémoire que la construction doit pouvoir se déformer sans ruptures

Le respect d'un minimum de règles et précautions parasismique contribue à sauver les vies humaines en cas d'un évènement sismique à travers les mécanismes de ruine favorisés lors de la conception établie selon les normes.

Les structures horizontales et verticales, ce qui peut également être obtenu grâce à une disposition appropriée et une structuration correcte des planchers. Les murs et les planchers en bois ou en fer doivent être reliés pour que les poutres puissent réaliser une action de connexion et ainsi empêcher les murs de tourner vers l'extérieur, et pour que les étrésillons permettent d'éviter que les murs ne s'écroulent vers l'intérieur.

Par ailleurs, les planchers doivent être suffisamment rigides pour distribuer uniformément leur poids sur les murs et pour répartir les pressions sismiques proportionnellement à la rigidité des ouvrages en maçonnerie. Une connexion efficace entre les éléments porteurs et les

Conclusion général

murs, au lieu d'un simple support provoquant le non-filetage et le battement des murs, peut permettre d'obtenir ce résultat.

Il faut garder en mémoire que la construction doit pouvoir se déformer sans ruptures significatives et absorber l'énergie transmise au bâtiment par la secousse sismique. On introduit ainsi la notion de ductilité, qui est la propriété d'une construction de se déformer notablement avant la rupture.

A la ductilité s'oppose la fragilité, qui correspond à une rupture brutale avec peu de déformation. De façon imagée, pour la construction parasismique, il existe deux types de solutions :

- ✓ Curative : pour les traitements de constructions après le séisme
- ✓ Préventive : pour la protection avant le séisme pour minimiser ses effets

Aujourd'hui, le monde est basé sur une nouvelle vision de l'économie et de l'information. La tendance actuelle en matière d'architecture pour répondre à un besoin global et large obéit à des choix stratégiques tenant compte des satisfactions immédiates à apporter dans les dimensions et domaines complémentaires notamment, de service, affaires, commercial, culturel et loisirs, compte tenu de cette exigence, le type de construction le plus approprié répondant à ce besoin est la construction de centres d'affaires multidimensionnels.

ملخص

هذا العمل يندرج ضمن البحوث حول العمارة التقليدية لمنطقة الجزائر، التي تمثل حاليا تاريخ المجتمعات التي تم سردها، وجاء هذا الهيكل من قبل العديد من العوامل، خاصة فيما يتعلق بتقنيات ومواد البناء والتي أدت إلى تغييرات في التصميم المعماري، الدلائل على هذا النوع من الهندسة المعمارية يعبر عن ثقافة الجزائر، وتطور المجتمع، فإنه يعتبر تراث وطني (القبائل) ودولية (قصة الجزائر)

وقد نجت هذه الهندسة المعمارية عدة قرون بفضل الاختيار الحكيم للمواد وتقنيات البناء المستخدمة. بمرور الوقت، حدث تدهور نتيجة لمزيج من عدة عوامل. في هذه الدراسة، ونحن نركز على عمل الزلازل على هذه الهياكل التقليدية، من منظور العلاجي والوقائي لحماية هذا التراث الذي يشكل جزء كبير من التراث المادي، و عن كيفية معالجة الخسائر من أجل حفاظ و حماية هذا الإرث باستعمال عمليات الصيانة و إعادة التأهيل و الكشف عن القواعد المتبعة من طرف الدولة الجزائرية، لحفظ البناءات القديمة و طرق بناءها التي تبرهن قوة احتمالها للزلازل.

الكلمات المفتاحية الهندسة القديمة، خطر الزلازل، قواعد مضاد لزلازل، إعادة التأهيل.

Abstract

This work is part of the traditional architectural research concerning the region of Algeria, which today represents the history of the societies in which they are inscribed. This architecture has been carried out by several factors, particularly with regard to techniques, building materials and what brought about changes in the architectural design, the testimonies of this type of architecture expresses The Algerian culture, the evolution of society, she considers as national heritage (Kabyle) and international (Kasbah of Algiers).

This architecture has survived several centuries thanks to the judicious choice of materials and construction techniques used. Over time, deterioration has occurred as a result of the combination of several factors. In this study, we focus on the action of earthquakes on these traditional structures, in a curative and preventive way to safeguard these legacies that constitute a large part of our material heritage

Key words : traditional architectural, seismic risk, seismic regulations, réhailitaion.

Résumé

Ce travail relève de la recherche sur l'architecture traditionnelle concernant la région de l'Algérie, qui représente aujourd'hui l'histoire des sociétés dans lesquelles elles sont inscrites, cette architecture a été effectuée par plusieurs facteurs, notamment en ce qui concerne les techniques, les matériaux de construction et ce qui amène à des changements au niveau de la conception architecturale, les témoignages de ce type d'architecture expriment la culture de l'algérien, l'évolution de la société, elle est considérée comme patrimoine national (kabyle) et international (casbah d'Alger).

Cette architecture a résisté plusieurs siècles grâce au choix judicieux des matériaux et des techniques de construction utilisés. Au fil du temps, des détériorations sont apparues suite à la conjugaison de plusieurs facteurs. Dans la présente étude, nous nous focalisons sur l'action des séismes sur ces structures traditionnelles, dans une optique curative et préventive en vue de sauvegarder ces héritages qui constituent une large part de notre patrimoine matériel.

Mots-clés : architecture traditionnelle, risque sismique, réajustements parasismique, réhabilitation.

Bibliographie:

Références écrites :

Les livres :

- ALEXANDER FELIX, « Stable Traditionnel finden » in TEC21 n° 3-4,14_2011, p. 26-29. Bhatar construction. Timberreinforcedmasonry, Guidebookprepared by SDC and FRC, Mansehra, mai 2007.
- Akchiche. Z. (2011). Étude de comportement d'une cheminée solaire en vue de l'isolation thermique, Mémoire Présenté pour l'obtention du diplôme de Magister, université kasdiMerbah Ouargla. Page 21.
- CH. Norberg-Schulz : L'Art du lieu, Architecture et paysage, permanence et mutations. Edit. Le Moniteur 1997. P.201
- contribution du patrimoine au développement local : enjeux et limites de sa mesure, Colloque La mesure.
- Fort de Besham, Pakistan, construit aux environs de 1750 selon le système de construction traditionnelle Bhatar (Document UN-Habitat).
- G. Lenclud : La tradition n'est plus ce qu'elle était.... Revue terrain N° 9, octobre 1987), PP.110-123.
- grand connaisseur de l'architecture vernaculaire parasismique .
- Hassen Fathi, « Construire avec le peuple », J Martineau, Paris, 1970.
- Interview avec Milo E Hoffman Spécialiser en physique de matériaux, ingénieur environnemental, architecte (Le Technion - Institut israélien de technologie à Palestine) magazine bulletin technique de la Suisse romande.
- KURZAK, Anne-Claire. « Patrimonialisation et ségrégation en médina ».
- M. Le Lannou, « La Géographie humaine », Paris, Flammarion, Bibliothèque de Philosophie scientifique, 1949.
- Ouvrage Aléas naturels, catastrophes et développement local (Philippe Garnier, Olivier Moles, Annalisa,Caimi , David Gandreau , Milo Hofmann.
- Mathéa. G. (1998). La femme Chaouia de l'Aurès, étude de sociologie berbère, Edition Chihab-Awal, France. Page 21.
- Marc Côte, Guide d'Algérie : paysages et patrimoine, Média-Plus, 1996, 319 p, p60, 61
- Marc Cote, l'Algérie ou l'espace retourné » ed media plus 1993 P 24

- MAZARS,J (2008), les risques sismique « le séisme et leur effet-la conception parasismique »
- Mémoire de Magister Spécialité: Génie Civil.Option: Gestion des risques majeurs Evaluation De La Vulnérabilité Sismique Des Deux Casbahs De « Tigditt Et Derb-Tobbana » MAARAF ZOUBIDA
- Milo E Hoffman Spécialiser en physique de matériaux, ingénieur environnemental, architecte (Le Technion - Institut israélien de technologie à Palestine) magazine bulletin technique de la Suisse romande.
- P.George, « Sociologie et géographie », collection SUP, presses universitaire de France 1972.
- RANDOLPH LANGENBA CH, « From _ Opus Craticium‘ to the _ Chicago Frame‘ :Earthquake-Resistant Traditionnel Construction » in International Journal of Architectural Heritage, vol. 1, issue 2007.
- Samia Adjali. S. (1986). Habitat traditionnel dans les Aurès, Le cas de la vallée de l'Oued Abdi, édition CNRS, Paris, France. Page 298.
- Sarnia ADJALI HABITAT TRADITIONNEL DANS LES AURES Editions du CNRS p.271.
- S. Missoum, Alger à l'époque ottomane, édition EDISUD, 2003, page 231.
- Système de construction traditionnelle Dhajji (Document UN-Habitat).
- Thèse de doctorat contribution pour la redécouverte des techniques constructions traditionnelle sismo –résistantes adoptées dans les grandes villes du Maghreb ; Dr.A.FOUFA.
- UEE 06 — « Learning From Vernacular ».
- X. Casanovas et al. Manuel pour la réhabilitation de la ville de Dellys. Euromed. Montada. 2012. P. 137

Les PDF :

- Amina Abdessemed-Foufa,et Djillali Benouar Département de Génie Civil Les techniques constructives sismo résistantes dans la Casbah d'Alger.pdf
- LA MÉTHODE REHABIMED, Une approche multidisciplinaire à la réhabilitation urbaine, XAVIER CASANOVAS, Project Manager de RehabiMed, pdf.

Les articles :

- Direction de la protection civile de la wilaya de Mostaganem (2011).
- Direction de l'urbanisme et de la construction ; Révision du PDAU.
- Document Conor Bohan, haiti-patrimoine.
- Article de journal La Croix (un journal quotidien français).Chiodero, 2008, p.24.

Références électroniques :

- [https : //La maison traditionnelle Kabyle: Axxam](https://La%20maison%20traditionnelle%20Kabyle%3A%20Axxam)
- <https://whc.unesco.org/fr/list/565>
- <http://www.abcdelacpa.com>. Consulté en Juin2016.
- <http://www.vitamedz.org/algerie-mostaganem>
- <https://www.rencontreunarchi.com/blog/quest-ce-quune-rehabilitation>
- <https://factsreports.revues.org/2827>.
- www.sudouest.fr.
- <http://www.seismoatschool.ethz.ch>.
- www.larousse.fr.
- www.planseisme.fr.
- <http://www.risques.gouv.fr/risques-naturels/seisme>.
- www.dictionnaire-environnement.com.