

Sommaire

Introduction général	1
Chapitre 1 : Revue bibliographique	
Introduction	2
1.1. Histoire de la ville de Tlemcen	3
1.2. Développement de la ville de Tlemcen	4
1.2.1 Les éléments structurants de l'ancienne médina de Tlemcen	7
1.2.1.1 Les mosquées	7
1.2.1.2 Les Souks	7
1.2.1.3 El kissaria	8
1.2.1.4 Le Fondouk	8
1.2.1.5 Les quartiers	8
1.3. Technique de construction traditionnel de la période ottomane	13
1.3.1 Les éléments architecturaux	13
1.3.1.1 Arcs	13
1.3.1.2 Supports	14
1.3.1.3 Coupoles	15
1.3.1.4 Iwans	15
1.3.3 Matériaux de construction	16
1.3.3.1 Le pisé	16
1.3.3.2 La brique crue	16
1.3.3.3 La pierre	16
1.3.3.4 Bois	16
1.3.4 Technique De Construction Traditionnel	17
1.3.4.1 Les fondations	17
1.3.4.2 Les murs	17
1.3.4.3 Les linteaux	17
1.3.4.4 Les plancher	17
1.3.4.5 Revêtements de finition	18
1.4. Pathologies types des constructions traditionnelles	18
1.4.1 Tassement	18
1.4.2 La végétation sur un mur	19
1.4.3 Fissure sur un mur en pierre	20
1.4.4 Le Bouffement (Gonflement)	20
1.4.5 Les remontées capillaires	21
1.4.6 Vieillissement du matériau	22
1.4.7 L'humidité	22
Conclusion	23
chapitre 02 : Description générale du bâtiment	
Introduction	24
2.1 Historique	24
2.2 Situation	24

2.3 Architecture	26
2.3.1 Arcs	26
2.3.2 Supports	27
2.4 Matériaux de construction	28
2.4.1 La pierre	28
2.4.2 La Brique pleine	28
2.4.3 Le bois	29
2.4.4 Béton	29
2.4.5 Les revêtements des murs	30
2.5 Structure	30
2.5.1 Description générale de la structure	30
2.5.2 Aperçu géologique du site	35
2.5.3 Les éléments structuraux	35
2.5.3.1 Mur	35
2.5.3.2 Les planchers	36
Conclusion	38
Chapitre 3 : Analyse et recherche des causes	
Introduction	39
3.1 Le Diagnostic	39
3.1.1 Les étapes du Diagnostic	39
3.1.1.1 Le pré-diagnostic	39
3.1.1.2 Les études pluridisciplinaires	39
3.1.1.3 Le diagnostic	39
3.2 Pathologie	43
3.2.1 Fissure	44
3.2.2 Végétations et moisissures	44
3.2.3 L'humidité	45
3.2.4 Vieillessement du matériau	46
3.2.5 Flexion des planchers	46
3.3 Analyse Dynamique	47
3.3.1 Objectif de l'étude dynamique	47
3.3.2 Les étapes de la modélisation	47
3.3.3 Choix de méthode de calcul	49
3.3.4 Analyse et interprétation des résultats	51
3.3.4.1. Contraintes de traction horizontales S11	52
3.3.4.2. Contraintes de compression verticales S22	53
3.3.4.3. Contraintes de torsion S12	56
Conclusion	58
Chapitre 04 : Travaux de réhabilitation	
Introduction	59
4.1. Technique de réhabilitation	59
4.1.1 Le changement des planchers	59
4.1.2 Décapages des enduits	60
4.1.3 Élimination de la végétation	61
4.1.4 Réparation des fissures sur les murs	62

4.1.5 Changement des canalisations des eaux de pluie	65
4.1.6 Opération de peinture	65
4.2 Plan d'action	65
Conclusion	67
Conclusion général	68

Introduction générale

Le présent projet entre dans le cadre de l'obtention d'un diplôme de master de génie civil option Art et technique de réhabilitation du bâtiment.

Ce projet a pour but de traiter la réhabilitation d'une maison traditionnelle située au centre ville de Tlemcen de dimension (9.8m*12.2m) soit une superficie de 119.56m², bâtie au 18^{ème} siècle appartenant à la famille Ghala.

Cette maison a subi d'importante dégradation interne et externe due à l'âge et au manque d'entretien. C'est pour cette raison que cette étude m'a été proposée pour mettre en application la théorie acquise durant ma formation et de procéder à la recherche des causes des dégradations ensuite donner des solutions et recommandation nécessaire pour remettre la maison à son état initial.

La réhabilitation c'est la mise en conformité d'un patrimoine architectural et urbain déconsidéré (habitations et immeubles ou quartiers...) aux normes de confort de tout type, d'hygiène et de sécurité en vue de leur réutilisation. La réadaptation à nouveaux usages doit se faire en conservant les principales caractéristiques patrimoniales des édifices

Avant d'entamer un diagnostic une préparation est indispensable à l'avance pour cela le pré diagnostic est très important pour mieux connaître les phénomènes qui agissent sur le bâtiment. C'est le point de départ de chaque opération de réhabilitation.

Il consiste en une première approche du bâtiment, de ses valeurs et de ses problèmes qu'ils soient constructifs, de stabilité ou autres, grâce à une inspection oculaire au cours de laquelle on tente de découvrir le système constructif utilisé, les valeurs architecturales qui le caractérisent et les pathologies qui l'affectent.

L'étape du diagnostique est un travail de synthèse et de réflexion qui est basé sur l'étude du pré-diagnostic ou on peut déjà avoir une première compréhension du bâtiment, tout en détectant ses déficits et ses potentiels. Le but du diagnostic est de compiler les informations relatives au projet, et évaluer l'état de conservation du bâtiment et d'en déterminer les remèdes.

INTRODUCTION

L'Algérie a hérité d'un patrimoine architectural et urbain (habitat). Cette tranche de patrimoine riche et diversifié localisé beaucoup plus dans la plupart des centres urbains. Elle occupe une place importante dans le parc national du logement et se trouve actuellement dans un état de dégradation très avancé menace ruine. Parmi ces différents cas qui existent au niveau national on va s'intéresser à la ville de Tlemcen.

Tlemcen est une ville algérienne qui est située à l'extrême Nord-ouest à 3°38 de longitude ouest et 34°53 de latitude nord, à 60 km de la mer, sur un plateau de 800 m d'altitude. Limité au Nord par la cote méditerranéenne sur 100 Km et par la wilaya d'Ain Temouchent, à l'est par la wilaya de Sidi bel Abbès, au sud par la RN13 (rocade Sud) et à l'ouest par la frontière Marocaine.

Localement, l'agglomération de Tlemcen s'étend sur le territoire de trois communes (Tlemcen, Mansourah, Chetouane), soit une superficie de 2000 hectares.

La Médina de Tlemcen occupe l'étage qui surplomb les sites de Sidi Othmane, Sidi Saïd, Sidi el Haloui, d'une superficie de 40 hectares. Les altitudes varient de 817 mètres à Bab el Hadid à 769 mètres à Bab Zir. Ainsi le site de la Médina se présente sous forme d'un plan incliné de direction Sud-Nord.

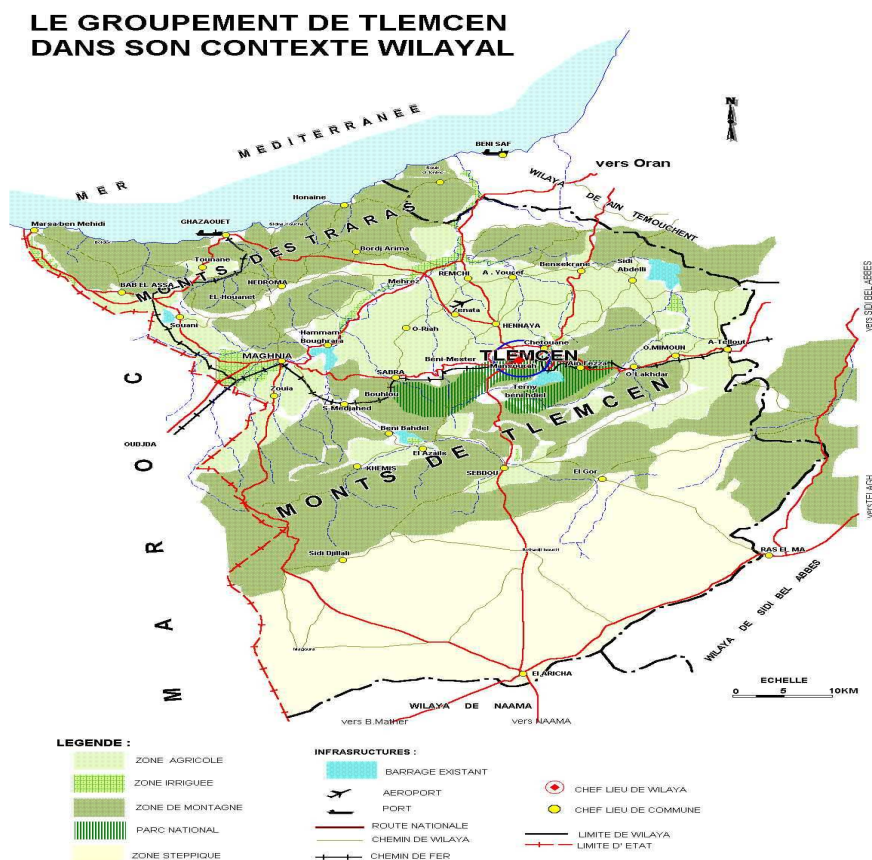


Figure 1.1 : Délimitation de Tlemcen

L'étude géologique a montré que les terrains calcaires se trouvaient au Sud, avec d'inépuisables ressources hydriques, et les terrains d'alluvions au Nord. (Ghomari , 2007) et (Boukerche, 1989)

1.1 Histoire de la ville de Tlemcen

L'histoire de Tlemcen remonte à la préhistoire avec la trame souvent dense, d'événements qui l'ont marqué, forgeant son âme millénaire. Des populations ont habité les grottes au faubourg d'El Kalaâ, sous le plateau de Lalla Setti et au village de Beni-Boublène près de Mansourah à l'époque préhistorique.

Les fouilles entreprises sur l'assiette de la ville nous permettent de commencer l'histoire de la ville en l'an 201 de notre ère ou une garnison militaire de 7 hectares fût installée par les romains en pays mauritanien conquis. Ce fût Pomaria dont une population civile et commerçante était installé au sud du Castellum. La citadelle militaire faisait partie de la deuxième ligne défensive du limes romain, limite méridionale Est-Ouest du territoire

La position géographique de Tlemcen faisait de cette ville, le carrefour de routes militaires. Deux voies la reliaient à la côte : l'une par Albulae (Ain Temouchent) aboutissant aux deux ports Portus Divini(Oran et Mers El Kebir) et l'autre gagnait Siga (ancienne capitale de Syphax)

Durant les V et VI siècles, Pomaria a cessé de faire partie de Rome et a changé deux fois de maître. C'est en 765 que les Beni Ifren ont reconnu Abou Qorra comme calife à Agadir.

Au Xe siècle, Agadir est sous la domination des Zenâta, redevenues les maîtres depuis l'effondrement des Idrissides en 828, reconnaissait la suzeraineté des Omeyyades de Cordoue. De 1069-1144, la cité sera dominée par les Almoravides sous la direction du chef Youssef ibn Tachfine.

En se rendant les maîtres de l'Espagne, les Almoravides firent goûter à Tlemcen les charmes de l'andalousie. Aux Almoravides succèdent les Almohades (1144 – 1235) dont la dynastie est fondée par Mahdi Ibn Toumert, homme de science natif de l'atlas marocain. Celui-ci investit Abdelmoumen Benali, un berbère de Nedroma qui fera reculer la reconquête espagnole et annexera l'Afrique du Nord en entier. Les Almoravides imprimèrent leur domination par la construction d'une demeure pour le gouverneur et son administration et surtout l'édification d'une grande mosquée dont on admire jusqu'à aujourd'hui la finesse.

Abdelmoumen entra en 1144 à Tagrart en conquérant, après avoir détruit ses remparts et contraint la population à l'exode. Les Almohades changèrent de stratégie 15 ans après en édifiant des châteaux, des palais et de solides remparts. Ils contribuèrent ainsi à l'évolution de Tlemcen ou ils frappèrent leur monnaie ; ils construisent des fondouks ainsi qu'un port à Honaine pour le commerce transafricain et méditerranéen.

Après la chute de l'empire Almohade, Tlemcen deviendra la capitale du royaume Abdelwadide en 1235. Yaghmoracen ben Ziyân, fondateur de la dynastie Abdalwadide,

décida en 1254 de pourvoir d'un minaret la grande mosquée d'agadir et la grande mosquée de Tlemcen. Ces deux sites du XIII^e siècle sont encore les plus somptueux de la ville de Tlemcen. Il fit construire le Mechouar sur trois hectares. Au-delà de la prospérité de son commerce, Tlemcen était rendu célèbre par le rayonnement de ses universités.

La population est d'environ 125000 âmes et la cité comptent des monuments publics importants : 60 mosquées, triple enceinte de remparts, le grand bassin irriguant 14 000 jardins, 100 moulins, une activité industrielle qui lui permit de conclure des traités de commerce avec Gênes, Marseille, Barcelone.

Tlemcen n'échappe pas aux Mérinides qui installèrent un premier siège de huit années (1298 – 1307). Le sultan Mérinide installa son camp sur les hauteurs de Mansourah, sur environ 100 hectares de superficie. Il faut attendre quelques années pour la voir incorporée deux fois dans le domaine des souverains Mérinides (1337 –1348 et 1352 – 1358). L'activité architecturale déborde le cadre de Mansourah vers les villages d'El Eubad et Sidi Haloui où s'édifiaient deux mosquées respectivement en 1339 et 1357.

Tlemcen est prise par les Turcs en 1555, et devient ville de garnison. Durant ce règne, Tlemcen a vu son importance décliner. Nombre de ses techniques tant admirées se perdaient, telles : la dinanderie, sculpture sur bois, faïence, broderie, Bijouterie, sellerie et la céramique.

Dès l'occupation française en 1842, la ville s'étend au Nord-Ouest avec la construction du quartier de Tafrata. A partir de 1920, Tlemcen s'agrandit avec des nouveaux faubourgs et le percement des voies larges.

De l'évolution historique de la ville de Tlemcen, nous pouvons tirer trois enseignements majeurs :

- Une extrême variation de sa population : 120.000 âmes au moyen âge, 5000 habitants en 1842.
 - Une certaine continuité dans l'urbanisation, excepté la période coloniale où les transformations ont touché la structure, forme et fonction,
 - Tlemcen a constitué une place forte dans le réseau des villes méditerranéennes,
- (Ghomari , 2007)

1.2 Développement de la ville de Tlemcen

Située à 850 m d'altitude, jouissant d'un climat tempéré, Tlemcen (en berbère les sources) offre des richesses naturelles très diversifiées. Son sol très fertile a assuré une implantation des populations depuis les temps les plus reculés et constitue un centre d'activité très important. L'occupation humaine de Tlemcen et sa région eût lieu dès la nuit des temps.

Après une période préhistorique, une période Numide avec en particulier le règne du roi berbère Syfax, avec comme capitale Siga, survint la période romaine (Tlemcen = Pomaria les Vergers) de 32 à 430 après J.C. et la période Vandale et Byzantine.

A partir du 7^{ème} siècle, commence la période islamique : c'est en 671 que se situe le début de l'occupation permanente du Maghreb par les Arabes. En 675 la conquête musulmane atteint Tlemcen et en 790, Tlemcen est occupée par les Idrissistes de Fès.

La période Almoravide commence en 1079 avec Youcef Ibn Tachfine son fondateur et son fils Ali Benyoucef, suivie en 1143 de la période Almohade fondée par Abdelmoumène Ben Ali, période pendant laquelle s'affirme son expansion économique.

Mais la période faste de Tlemcen se situe du 13^{ème} au 16^{ème} siècle sous la prestigieuse dynastie des Zianides. Tlemcen est alors capitale du Maghreb central avec Yaghmoracen le fondateur de la dynastie, Abou Saïd Othman, Abou Ziane 1^{er}, Abou Tachfine. L'ensemble des administrations et bâtiments officiels est édifiés au niveau du Mechouar, vaste quadrilatère du centre ville de Tlemcen entourée d'imposantes murailles.

La fonction culturelle se précise et de nombreux monuments sont construits; l'activité scientifique se développe grâce à la fois à la renommée de nombreux savants et lettrés et aussi aux mécénats de certains princes.

De par sa position géographique, Tlemcen développe ses relations économiques avec l'Europe et l'Afrique; la capitale devient un grand centre commercial avec un quartier franc El Kessaria. De même, la ville accueille les musulmans d'Andalousie et les Israélites expulsés d'Espagne, avec à leur tête le célèbre Rabin Ephraïm Enkaoua. Elle atteint alors une population de 100.000 habitants : chiffre considérable pour l'époque.

Pendant cette période la ville fût assiégée à deux reprises par ses voisins de l'Ouest, les Mérinides, qui y édifièrent les Mosquées de Sidi Boumédiène, Sidi Haloui, la Mosquée et le Palais de la victoire à Mansourah: Purs joyaux de l'architecture arabo-musulmane de Tlemcen.

Du 16^{ème} au 19^{ème} siècle, se situe la période Turque avec Arroudj (Barberousse) suivie de l'époque de l'Emir Abdelkader.

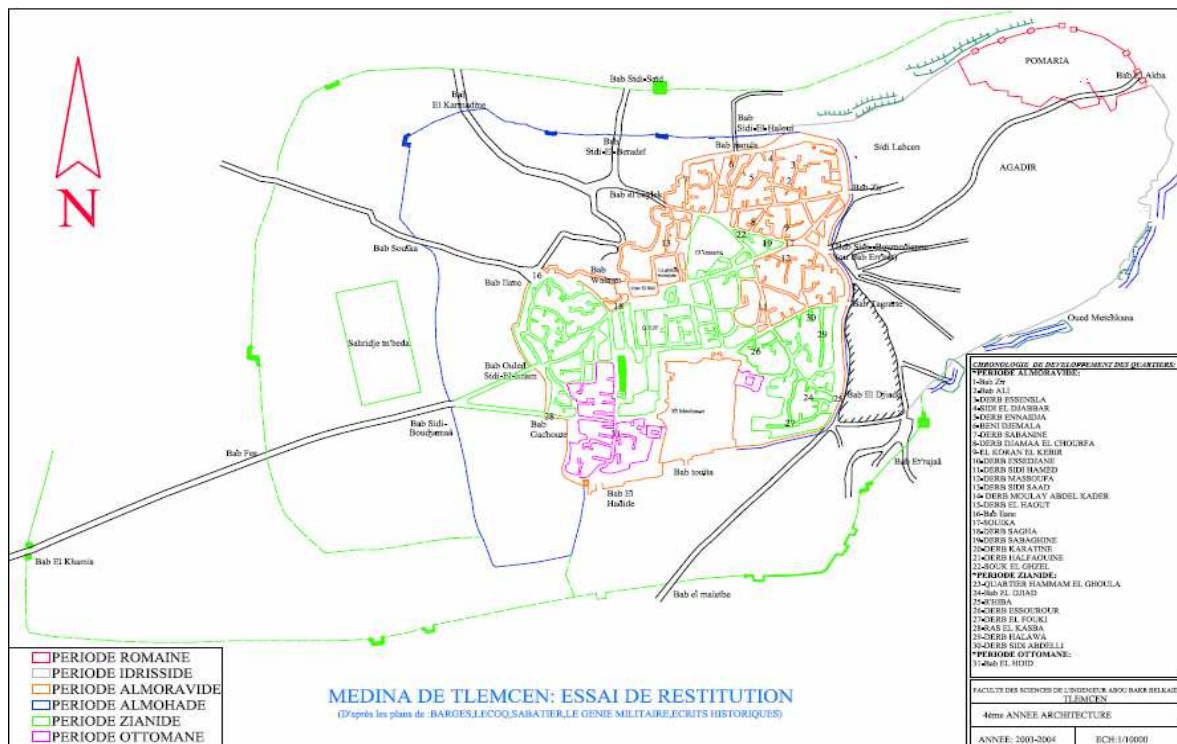


Figure1.2 : Les différentes civilisations de Tlemcen et leurs emplacements

La période coloniale commence en 1842 avec l'occupation définitive de Tlemcen par les Français et se termine en 1962 par l'indépendance de l'Algérie.

De 1962 à ce jour, l'extension est prodigieuse avec le développement d'une zone industrielle de 220 hectares et d'une zone semi-industrielle de 80 hectares, pendant que la population s'accroît de façon considérable, passant de 57.700 en 1954 à 112.000 en 1987, puis à 180.000 en 1998.

L'enseignement supérieur, créé en 1974 avec deux filières seulement et un nombre restreint d'étudiants, s'est développé de façon considérable. En 1989, Tlemcen devient ville universitaire avec un effectif de 5.000 étudiants, effectif toujours en expansion, et, 7 instituts pour atteindre actuellement 15.000 étudiants, répartis entre 6 Facultés, géographiquement localisées essentiellement autour de trois pôles; Imama, Chetouane et Bel-Horizon.

Aujourd'hui, Tlemcen prend une envergure économique et culturelle très importante et ce, grâce aux différents plans de développement réalisés. (Annat, 2004)

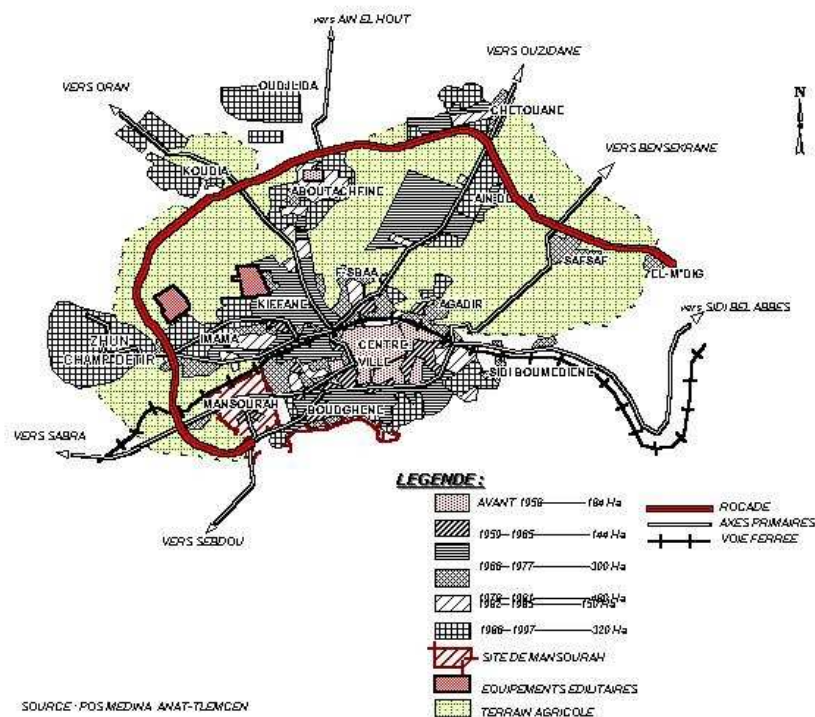


Figure 1.3 : L'évolution de Tlemcen de nos jours

1.2.1 Les éléments structurants de l'ancienne médina de Tlemcen

1.2.1.1 Les mosquées

Dans les sociétés islamique, les mosquées ont une fonction principale : c'est la fonction cultuel ; parallèlement a celle la, les mosquées repend a des besoins sociaux, politique et économique, c'est pour ça elles ont jouée le rôle d'un tribunal, école, bibliothèque, banque... etc.

Dans la Médina, la grande mosquée ou Djamaa El Kabîr : son architecture est caractérisée par un élément marquant « le Minaret » qui représente le symbole de la cite musulmane ; par contre le « Moçalla » était identifier par le Mihrab (le Moçalla : c'est la mosquée qui est au niveau de chaque quartier, assure les cinq prières, sauf celle de vendredi).

Les mosquées étaient devisées en classe suivant leur importance et leur richesse architecturale.

1.2.1.2/ Les Souks

Le terme Souk signifie marché. Il est un élément fondamental de la vie sociale et économique de la médina.

Carrefour commercial, c'est aussi l'endroit ou régulièrement les gens se rencontrent, se retrouvent.

Représentent des lieux d'échanges commerciaux, s'organisent dans des espaces à l'aire libre ou à structure légère.

De nombreuses marchandises y sont exposées aux regards des passants dans une ambiance sonore et une masse très dense caractérisant le souk. Les souks édifier dans la période Almoravide ; Souika, Saghaa, Sabbaghine, Kherrazine, Halfaouine.

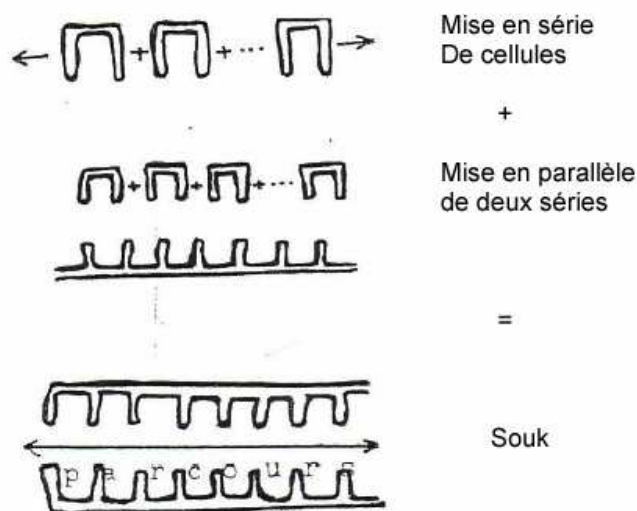


Figure 1.4 : Disposition des souks.

1.2.1.3 El kissaria

Unité commerciale entouré de murs, perçes de portes, constitue d'un ensemble de galerie couverts sur lesquelles s'ouvrent des boutiques, indépendamment de cela on trouve des fours, des bains, des moçalla, des fondouks et des souks.



Figure 1.5 : Plan de kessaria

1.2.1.4 Le Fondouk

- Le Fondouk, du Grec « pondokeion » qui signifie hôtellerie.
- Dans l'occident musulman, a connu l'équivalent du caravansérail.
- C'est espace aménagé pour les fonctions économique
- Alors le Fondouk constituant l'essentiel des institutions commerciales.
- La fonction de fondouk peut être résumée dans ces quatre activités fondamentales : l'hébergement de l'étranger, la Garde des marchandises de pèlerin, la production artisanale spécialisée et la commercialisation des biens d'échange.

1.2.1.5 Les quartiers

- le quartier est à la fois un espace économique, social et culturel, des relations amicales et fraternelles se tissent entre ses habitants.

Dans l'ancien noyau de Tlemcen, les espaces se hiérarchisent en allant du public au semi public, semi privé puis au privé (rue, derb et tahtaha, impasse, maison)

Dans la médina, les personnes se sont orientées, par des données visuelles qui sont des symboles ou bien des détails des éléments de référence et de repérage.

Les éléments du quartier :

a) Le Derb

- Parcours semi public, elle appartient un nombre défini d'individus (la grande famille).dans l'organisation de la médina, le derb est un système de communication doté de structure en voies primaire, secondaire, tertiaire.
- Les caractéristiques de Derb :

-le derb se caractérise par :

-l'étroitement des passages et les virages.

- on ne trouve pas les portes des maisons face à face (l'intimité).

b) La Skifa

Passage couvert ouvert structuré à partir d'une construction en élévation sur une ruelle on trouve plusieurs types de skifa, ou la forme et leurs emplacements signifient le type de la zone:

- Skifa de quartier intermédiaire non arquée.
- Skifa arquée signifiant une zone privée (intimité).
- Skifa utilisé spécialement par les artisans.
- Skifa au fond d'un derb signifie une zone privée propre à une maison.

c) L'Impasse

Lieu semi privé, définissant un type de groupement qui par sa forme spatial et sa position constitue un degré de recul, elle procure un minimum d'intimité aux riverains dont elle regroupe l'univers familial.

Elle constitue le prolongement de la maison pour le rassemblement des femmes, il représente un espace intime (el horma).

d) Tahtaha

Placette à l'intérieure du quartier, comportant le four ou le bain ou le moçalla .parfois regroupant les trois en même temps.

e) Le Moçalla

Salle de prière, ne comporte pas de minaret, et ne comprenant pas la prière du vendredi .il comporte le mihrab qui appartient a l'extérieure

f) El Ferrane (le four traditionnel)

Utilisée par citadins (les femmes) afin de confectionner du pain traditionnel, ainsi les différents gâteaux faites à la maison .fonctionne avec l'énergie du bois combustible.

g) Le Bain (Hammam)

Le hammam est une invention des romains. Il est un lieu public qui remplit des fonctions hygiéniques et sociales.

Les hammams servent également de salles de bains publiques, il est aussi un lieu de rencontre important pour les femmes.

h) La Maison**✓ Esskifa ou Entrée en Chicane**

Elle permet le passage de la porte d'entrée à la cour centrale, elle est obligatoirement en chicane

Pour 3 raisons :

-La 1ère fonctionnelle parce que la personne qui entre doit obligatoirement pénétrer à la cour qui se trouve au centre de la construction.

-La 2ème sociale puisqu'elle permet de protéger ceux qui sont dans la cour du regard direct.

-La 3ème phonique parce que la profondeur du passage permet l'isolation phonique



Figure 1.6 : Exemple d'entrée en chicane

✓ **La Cour Centrale « Wast Eddar »**

Elle est la partie la plus importante de la maison. Elle est de forme carré et entourée par les différentes pièces de la maison. Qui se trouvent surélevées de 10cm

Elle joue le rôle à la fois d'un isolant thermique et phonique.



Figure 1.7 : Exemple d'une cour centrale

✓ **Edderbouz**

C'est le » passage couvert qui entoure la cour.

La hauteur du derbouz par rapport au niveau de la cour est de 10 à 15 cm.



Figure 1.8 : Exemple d'edderbouz

Les schémas suivants montrent un plan d'une maison traditionnelle :

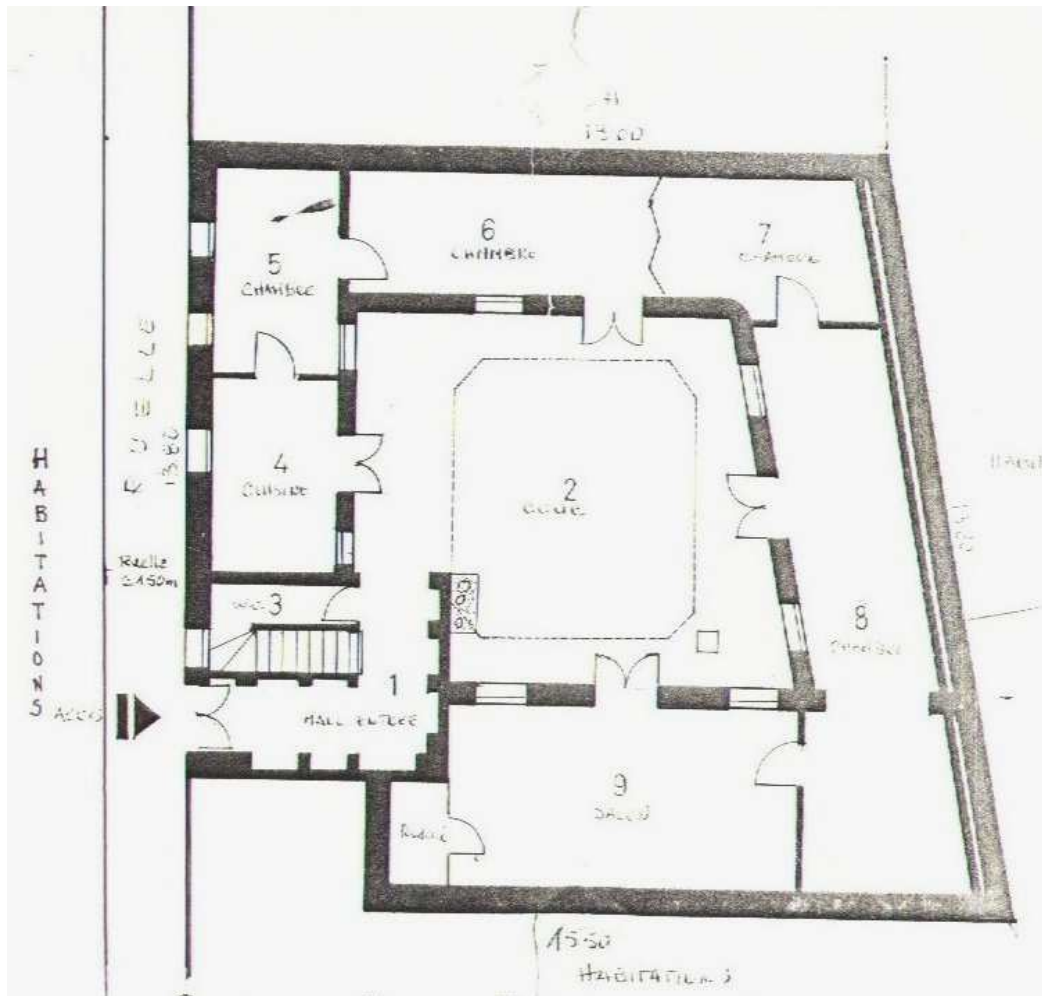


Figure 1.9 : Plan de rez chausse

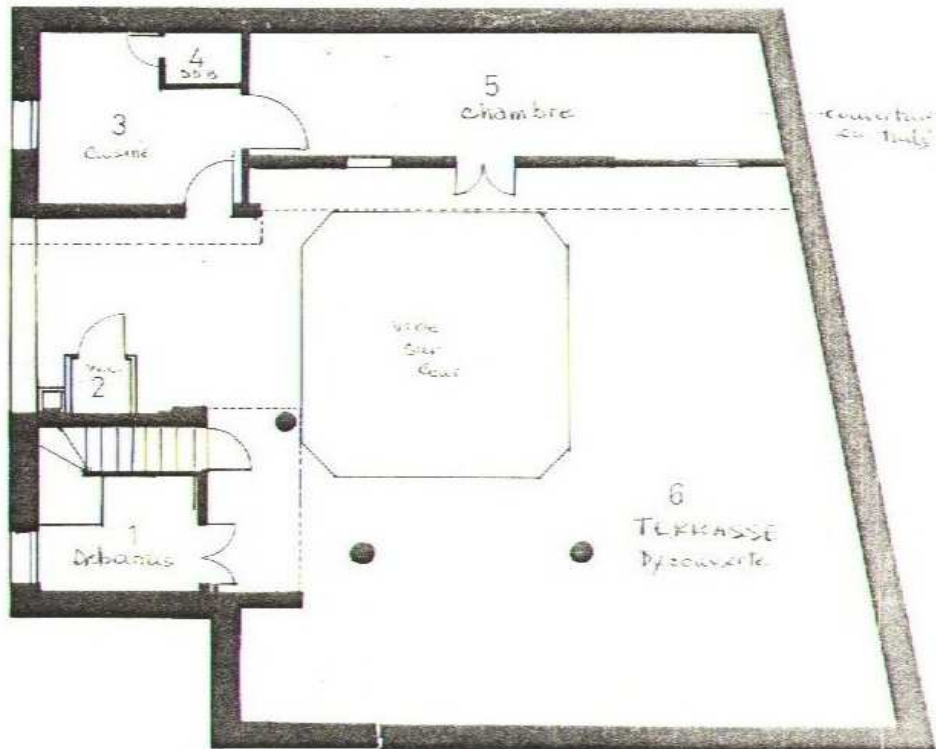


Figure 1.10 : Plan du premier étage

(PDAU Tlemcen, 2004)

1.3 Technique de construction traditionnelle de la période ottomane

L'Empire ottoman a été fondé par Osman prolongé des grandes parties de l'Asie Mineure et du Sud-est de l'Europe, l'Asie occidentale et Afrique du Nord. L'architecture multiple de cette époque se caractérise par une très grande sobriété des lignes et un foisonnement extrême des détails architecturaux durant toutes leurs époques.[7]

1.3.1 Les éléments architecturaux

1.3.1.1 Arcs

Les arcs sont un élément majeur dans l'architecture islamique tout comme dans l'architecture occidentale. Certains sont courants en orient comme en occident : arc en plein cintre, arc brisé, mais d'autres sont plus spécifiques au monde islamique, comme l'arc persan, au profil caréné, l'arc polylobé, l'arc à lambrequins ou encore l'arc outrepassé (souvent dit "en fer à cheval"), tous trois très employés en Espagne et au Maghreb. [7]



Figure 1.11 : Exemple d'arc

1.3.1.2 Supports

Les architectes islamiques utilisent deux types de supports : les piliers et les colonnes.

La colonne est un support cylindrique. Dans les premiers siècles de l'Islam, les colonnes utilisées proviennent souvent de remplois de bâtiments antiques, mais au bout d'un certain temps, les matériaux antiques se faisant rares, les ouvriers islamiques apprirent à en tailler eux-mêmes.

Un pilier est un élément maçonné, le plus souvent carré, rectangulaire ou cruciforme.[7]



Figure 1.12 : Exemple d'un support

1.3.1.3 Coupoles

Une coupole est un mode de couverture hémisphérique, qui repose sur une zone de transition octogonale (le plus souvent) elle-même posée sur quatre piliers.[7]

1.3.1.4 Iwans

Les iwans sont nés dans le monde iranien bien avant l'arrivée de l'Islam, sans doute sous la dynastie sassanide. Il s'agit d'un hall voûté (ou d'un vaste porche voûté) avec une façade rectangulaire ouverte par un grand arc.[7]



Figure 1.13 : Exemple d'un iwan

1.3.2 Matériaux de construction

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

Il existe plusieurs types de matériaux utilisés dans la construction en Islam, sans compter le bois que l'on retrouve partout.

1.3.2.1 Le Pisé

Il s'agit d'un mélange de terre, de chaux et de chamotte (argile cuite pilée) ou de petits cailloux. Pressé entre deux planches de bois (encaissement), ce matériau est utilisé principalement pour les habitations.

1.3.2.2 La Brique Crue

Elle a l'avantage d'être facile à trouver et à utiliser, et peu coûteuse. Son grand défaut réside dans sa très mauvaise conservation : l'eau lui est fatale.

1.3.2.3 La Pierre

La nature des pierres utilisées varie selon les régions. En général, les marbres sont utilisés pour leurs propriétés décoratives (couleurs).

1.3.2.4 Le Bois

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

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

Bois massif

Bois reconstitué

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

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

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

(A.Bendiouis, 2011)

1.3.3 Technique de construction traditionnelle

1.3.3.1 Les Fondations

Les fondations sont peu profondes, elles peuvent atteindre 1,20m de profondeur. Lorsque le sol est constitué de roche, les fondations n'existent pas.

1.3.3.2 Les Murs

Dans la maison traditionnelle, les murs sont en pierre et d'une certaine épaisseur pour se protéger du froid en hiver et de la chaleur en été.

On peut distinguer quatre procédés de construction pour les murs :

- Mur en pierres sèches : Dans ce procédé les pierres sont posées l'une sur l'autre à sec sans l'utilisation de mortier.

- Mur en pierres : Dans ce procédé on lie les pierres avec un mortier à base d'argile.

- Mur en pisé : C'est un mur qui est construit à base de mortier d'argile, utilisant un coffrage pour le moulage des murs. On construit en premier lieu un coffrage en bois, fermé aux deux extrémités, et faisant un demi mètre cube de mur environ.

On étend sur le fond une couche de cailloux tassée au moyen de tamadazt, sorte de dame.

Dessus on verse le mortier d'argile, préalablement préparé. Le tout est à nouveau battu au moyen de tamadazt. Une fois le moule rempli et damé, le coffrage est démonté et remonté à coté. Le procédé se poursuit ainsi jusqu'à l'achèvement des quatre murs.

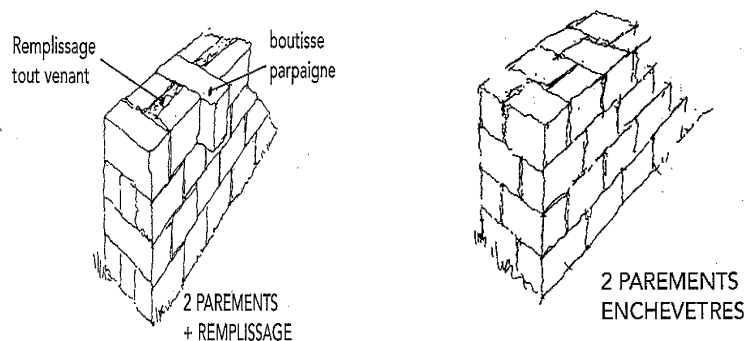


Figure 1.14 : Principe de construction

1.3.3.3 Les Linteaux

Dans la maison, la seule ouverture qui existe est celle de la porte d'entrée. Mais le linteau en bois n'est employé que pour la porte d'entrée pour les autres ouvertures les pierres qui sont soigneusement choisies qui jouent ce rôle.

1.3.3.4 Les Planchers

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

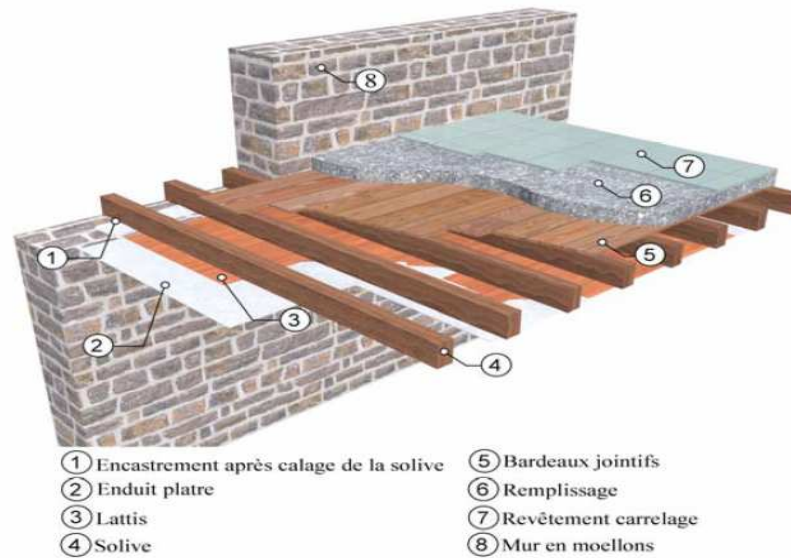


Figure 1.15 : Exemple d'un plancher

1.3.3.5 Les Revêtements de finition

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

1.4 Pathologies types des constructions traditionnelles

1.4.1 Tassement

La différence de tassement du sol entraîne l'affaissement de la construction au-dessus et par suite la rupture de la maçonnerie.

Cette rupture se manifeste par des fissures (en général à 45° dans les élévations) ou dans les planchers, ainsi que par le désencastrement des éléments de charpente, le décollement partiel des enduits de chaux, le dysfonctionnement des portes et des fenêtres, ou la détérioration du mortier des joints. Le problème majeur des fondations est la différence de tassement de sol :

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

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

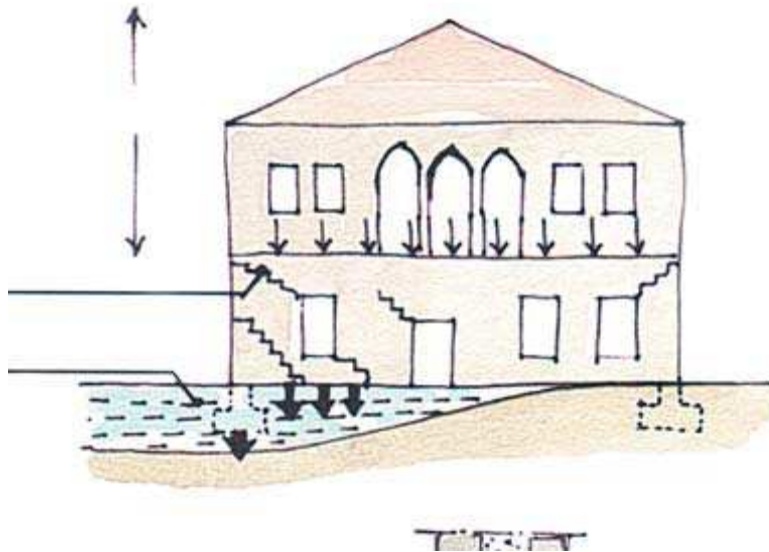


Figure 1.16 : Représentation d'un tassement différentielle

1.4.2 La Végétation sur un mur

Les murs porteurs en milieu urbain sont bâtis avec différentes sortes de pierre (calcaire, grès, basalte), en moellons et en pierres de taille. La composition des murs varie selon la méthode adoptée lors de la construction et leur emplacement dans le bâtiment (extérieur ou intérieur). Toutefois, on peut identifier les types suivants : murs avec deux parements de moellons revêtus ou non par un enduit; murs composés d'un parement de moellon et un deuxième en pierre de taille, murs fourrés construits avec deux parements de pierre de taille entre lesquels l'espace est rempli avec des petites pierres, du mortier ou de la terre. Le lien entre les pierres est assuré par du mortier de chaux. Quelquefois, on peut apercevoir la pousse de végétation superficielle sur les surfaces extérieures des murs en pierre.

La pousse de végétation sur les murs extérieurs est considérée comme un des problèmes à traiter lors de la rénovation et/ou la restauration des bâtiments anciens. Une large exposition aux intempéries, un manque de mortier entre les joints (décomposition) favorisent la pousse de végétation, notamment aux abords des évacuations d'eau. Toutefois, un simple arrachement, l'usage des produits chimique et/ou la combustion des végétations représentent des solutions temporaires mais efficaces, à condition de les renouveler périodiquement.

Généralement Le manque d'entretien des maçonneries favorise un milieu idéal (mortier effrité, humidité, etc.) à la pousse de la végétation.



Figure 1.1 7 : Végétation sur un mur

1.4.3 Les Fissures sur un mur en pierre

Les murs en pierre sont exposés aux différentes formes de fissures, verticales, en forme d'escalier, à 45°... La cause principale de fissures est le tassement différentiel des fondations. Dans les bâtiments, l'apparition des fissures sur les murs porteurs est courante. Etant donné que la pierre est un matériau plus dur que le liant de mortier de chaux, les fissures se manifestent plutôt dans les joints.



Figure 1.18 : Fissure sur un en pierre

1.4.4 Le Bouffement (Gonflement)

La maçonnerie de pierres présente une pathologie de bouffement lorsque les deux parements de pierres se désolidarisent et sont espacés par un vide intermédiaire intérieur au mur et plus ou moins parallèle aux parements. Le bouffement est un phénomène évolutif de flambage, qui affaiblit la résistance du mur à la pression verticale.



Figure 1.19 : Bouffement

1.4.5 Les Remontées Capillaires

Les remontées d'eau par capillarité s'effectuent à travers les pores des pierres. La montée en élévation des eaux dans la maçonnerie dépend notamment du diamètre des pores des pierres : plus les diamètres sont petits, plus l'eau remonte haut.

L'eau souterraine peut se charger en sels solubles contenus dans le sol. Elle monte en élévation par capillarité, depuis le sol jusque dans la maçonnerie. A l'air libre, l'eau s'évapore et dépose les sels solubles en surface des matériaux de construction. La formation des cristaux de sels crée des tensions de cristallisation sur la matière porteuse, qui détruisent celle-ci en surface.

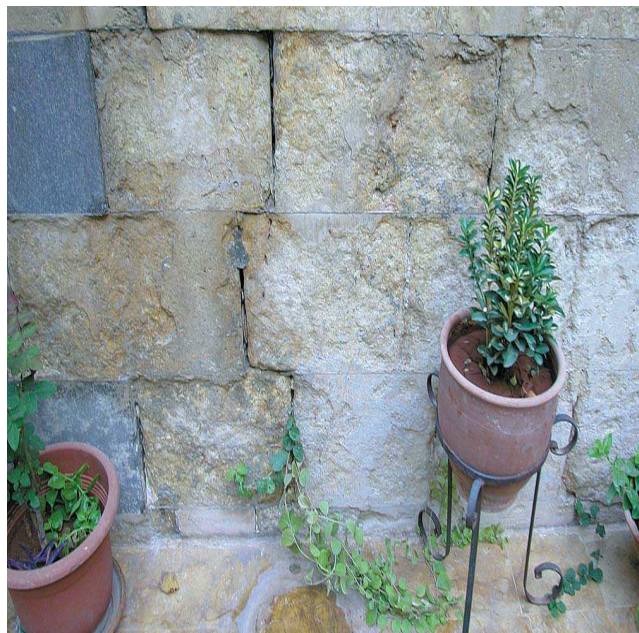


Figure 1.20 : Les remontées capillaires

1.4.6 Le Vieillissement du matériau



Figure 1.21 : Vieillissement du matériau

1.4.7 L'humidité

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

- Par le développement de moisissures et de champignons à l'intérieur des logements.
- Par la diminution de l'isolation thermique lorsque les murs ne sont pas suffisamment secs.

(Michel LOR, 2012) et (Réhabimed)

Conclusion

Le patrimoine de la médina de Tlemcen mérite d'être préservé, celui-ci peut être atteint à travers des opérations de réhabilitation qui ne doivent pas être de simple remise en état d'un bâti mais de la prise en charge de ses occupants afin de leur procurer un confort et un bien être. La réussite d'une opération de réhabilitation nécessite l'articulation entre les aspects techniques et sociaux.

INTRODUCTION

Le présent chapitre traite l'historique de la maison de la famille GHALA et son état de lieu durant toute sa phase d'exploitation. Ce chapitre décrit l'état des lieux avec des prises de photos, les matériaux de constructions utilisés durant toute la période d'occupation de cette maison.

2.1 Historique de la maison

L'histoire de la maison de la présente étude remonte vers les années 1700 où elle était connue sous le nom « maison Lagha » à cette époque qui a été marquée par la présence des ottomans à Tlemcen.

C'est en 1959 que la famille Ghala a entamé des travaux de réhabilitation menés par l'entrepreneur « Touil ». Les travaux qui ont été réalisés sur cette maison sont :

- Le changement de deux planchers qui étaient en roseau par des planchers en béton armés.
- La reprise de tous les enduits de la maison.
- Le changement du revêtement de sol de la maison.

En 1992 et suite à l'explosion d'une bombe au centre ville de Tlemcen plus précisément à l'hôtel « Maghreb » et qui a causé d'importants dégâts aux constructions avoisinantes touchant même la maison en question et qui a subi des dégradations. Selon les informations recueillies auprès du propriétaire les fissures sont apparues en 1992 après l'explosion.

En 2005, la maison a fait l'objet d'une visite par un groupe d'experts et étudiants qui ont travaillé sur les matériaux qui composent la maison.

En 2009 et vu l'importance du quartier et de l'édifice de la mosquée Ouzen qui se trouve à côté, une visite du président de la république a été effectuée à ces endroits.

2.2 Situation

La maison qu'on vient de décrire se trouve au centre ville de Tlemcen, plus exactement à côté de la mosquée sidi Ouzen.

Limité au nord par Derb Sidi Ouzen, à l'est par une placette, au sud et à l'ouest par des mitoyennetés.



Figure 2.1 : Façade de cette maison

L'accès à cette maison peut s'effectuer par deux entrées :

- ✓ Coté est: donnant sur Rhiba.
- ✓ Bouvard 1^{er} novembre.

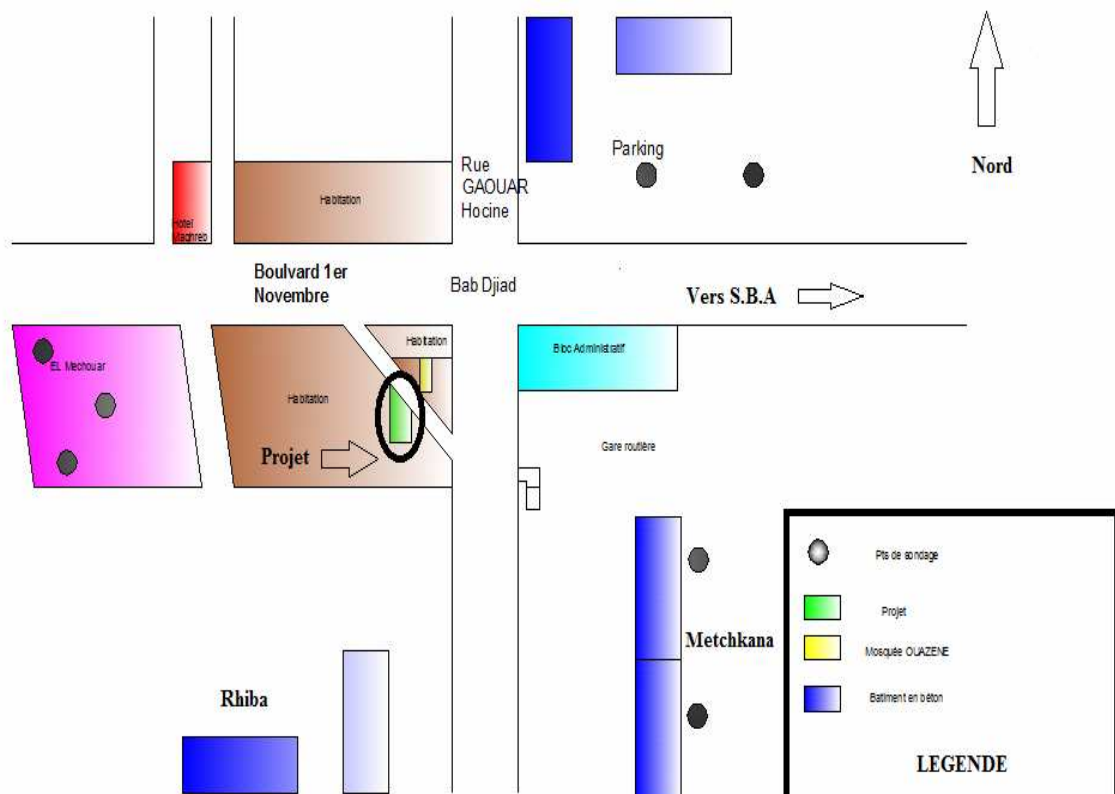


Figure 2.2 : Plan schématique de situation de la maison

2.3 ARCHITECTURE

L'architecture employée dans cette maison est une architecture islamique qui est caractérisée par une entrée en chicane qui permet le passage de la porte d'entrée à la cour centrale, une cour centrale et que la maison donne à l'intérieur et non pas à l'extérieure.

Le style architectural employé est le style arabo moresque qui est utilisé à cette époque qui est caractérisé par l'emploi des éléments architecturaux telle que les arcs ogivales.



Figure 2.3 : Caractéristique de l'architecture

Les éléments architecturaux utilisés :

Les différents éléments architecturaux employés dans la maison sont :

2.3.1 Arcs

L'utilisation des arcs se localise au niveau de la cour centrale, au niveau de chaque porte et à l'intérieur du salon.

La nature des arcs employés sont :

L'arc ogival outrepassé.

L'arc plein centre outrepassé.



Figure 2.4 : Arc ogival outrepassé



Figure 2.5 : Arc plein centre outrepassé

2.3.2 Supports

L'utilisation des supports se trouve au niveau de la cour et à l'intérieur du salon.

Les supports utilisés sont de nature pilier qui sont un élément maçonné carré.



Figure 2.6 : Pilier

2.4 MATERIAUX DE CONSTRUCTION

Les matériaux de construction de l'époque ottomane sont en générale des matériaux locaux comme la pierre et le bois.

D'après les visites effectuées, on a abouti à cette brève conclusion concernant les matériaux de construction de la maison.

Les matériaux utilisés pour la construction de cette maison sont :

2.4.1 La pierre

La pierre utilisée dans notre bâtiment contient des blocs de pierres en calcaire d'origine sédimentaire, elles ont englobé lors de leur formation des débris animaux ou végétaux (fossiles) qui les structurent de façons différentes.

Ce sont des roches plus ou moins dures, et se composent de carbonate de calcium.

2.4.2 La Brique pleine

Constituée d'argile, la brique pleine est une roche Sédimentaire, mélangée a du sable. Deux types de briques sont distingués : la brique creuse, inventée au XIXe siècle est de nos jours la brique la plus utilisée, comparée à la brique pleine qui est un matériau traditionnel très ancien.

En construction, la brique pleine peut être employée comme un matériau de parement (face extérieur d'un mur).



Figure N° 2.7 : Brique pleine

2.4.2 Le Bois

Le bois est utilisé dans les planchés comme élément porteur pour la transmission des charges au niveau des murs.



Figure 2.8 : Le Bois

2.4.4 Le Béton

Les matériaux utilisés pour la composition des bétons selon les normes françaises.

Tableau 2.1 : Provenance et emploi des matériaux (Période 1950-1969)

Matériaux	Type	Provenance	Nature de l'emploi
Chaux	30/60 XEH 30/60	Des entrepôts de la région	Enduits et bétons
Ciment	ciment super blanc 259/315 ciment HTS	De la Méditerranée	Mortiers et bétons
Ciment portland artificiel	160/250 250/315	De la Méditerranée	Mortiers et bétons
Agrégat	gravillon de mer 5/15, gravillon calcaire, gravier 8/16 et 15/25 gravillon 6.3/25 cailloux 25/63 sable	concassage des pierres dures des carrières de la région	Bétons en fondations et en élévation

2.4.5 Les revêtements des murs

Les revêtements des murs utilisés dans notre cas sont à base de chaux qui est très utilisée pour toute gamme de finitions, enduits, badigeons et peinture. La chaux est un matériau souple qui est utilisé comme mélange avec divers agrégats pour enduire les murs intérieurs et extérieurs et pour jointoyer les pierres ou bien, simplement diluée dans de l'eau en lait ou en pâte, pour différentes techniques décoratives de peinture.

2.5 STRUCTURE

Dans cette partie, on traite les éléments structurels du bâtiment ainsi sa répartition et qui est construite vers les années 1700, sous une forme géométrique rectangulaire de dimensions (12.2m, 9.80m) d'où une surface de 119.56 m².

2.5.1 Description générale de la structure

La structure est une maison en rez de chaussée plus un étage (R+1) sous forme rectangulaire de (12.2m*9.8m) d'une superficie de 119.56 m², composée de :

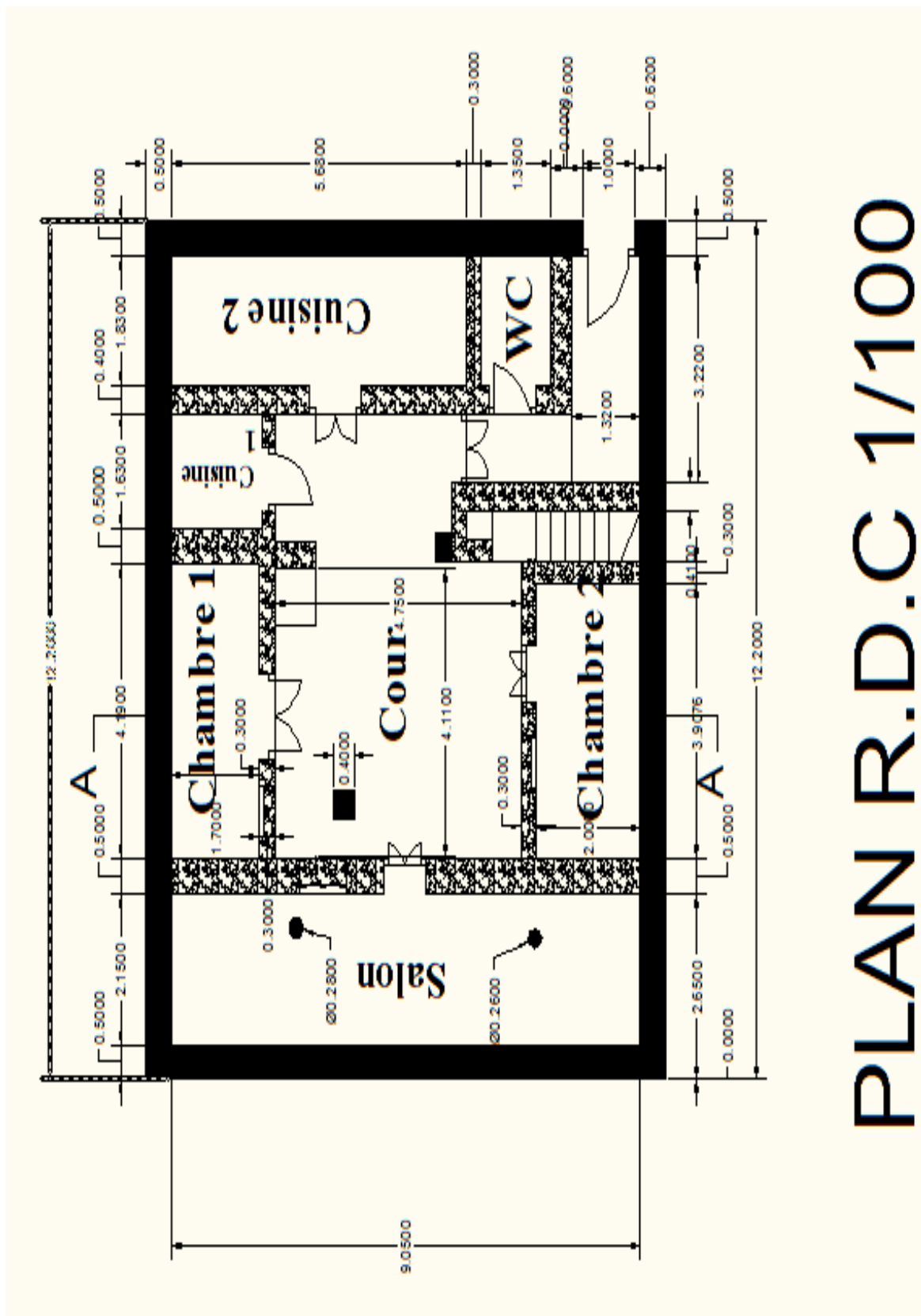
- RDC : Deux chambres, un salon, deux cuisines, WC, une cour centrale, un bassin d'eau et une entrée en chicane.
- Etage 1 : Une chambre, une buanderie, une cheminée de la cuisine et terrasse.

La maison est implantée sur une zone sismique d'ordre I qui est défini en R.P.A 99 (version 2003) comme une zone de faible sismicité.

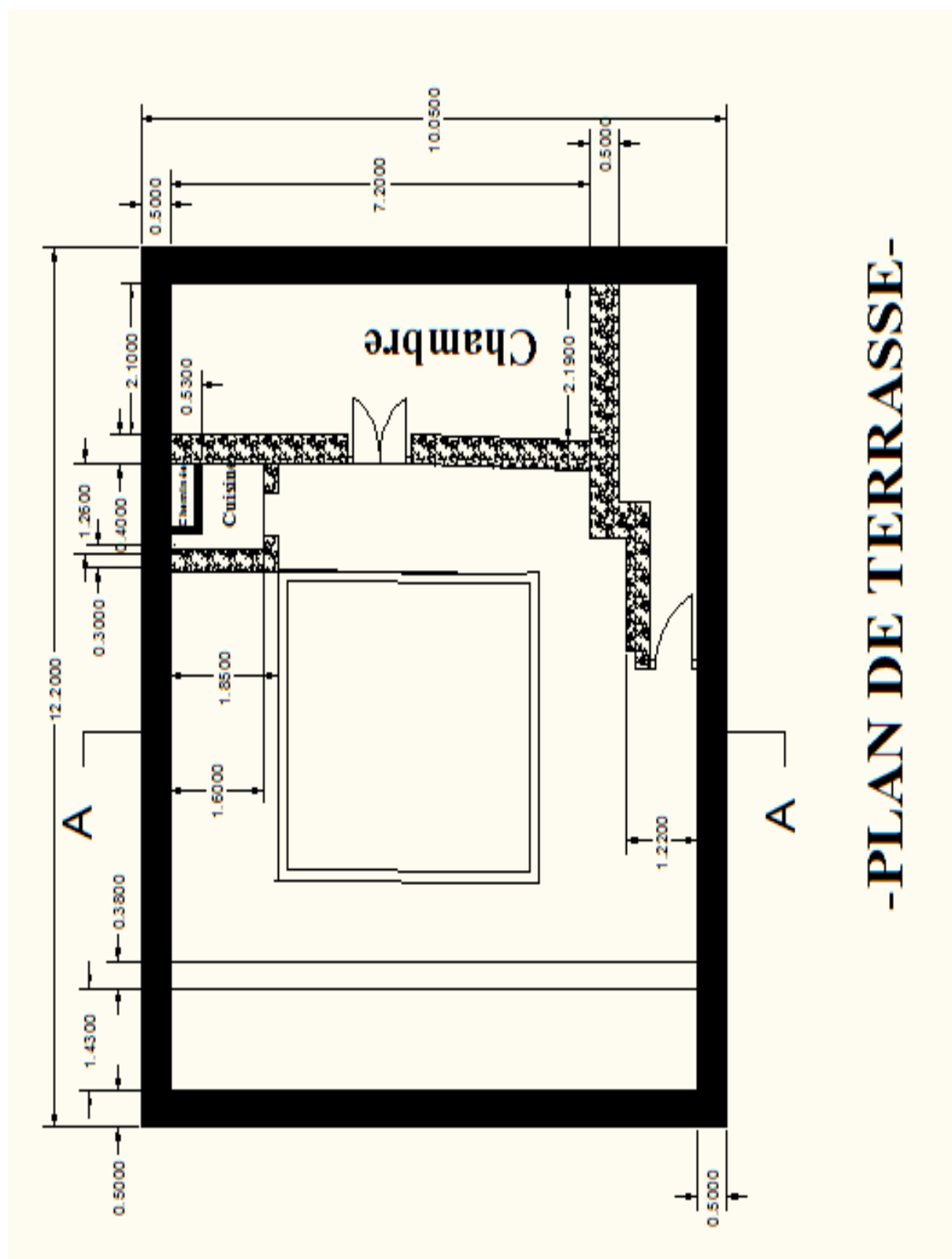
Cette maison est construite par un système de mur porteur et un plancher en roseau c'est-à-dire que les éléments porteurs verticaux sont les murs porteurs et les éléments porteurs horizontaux sont les planchers en roseaux.

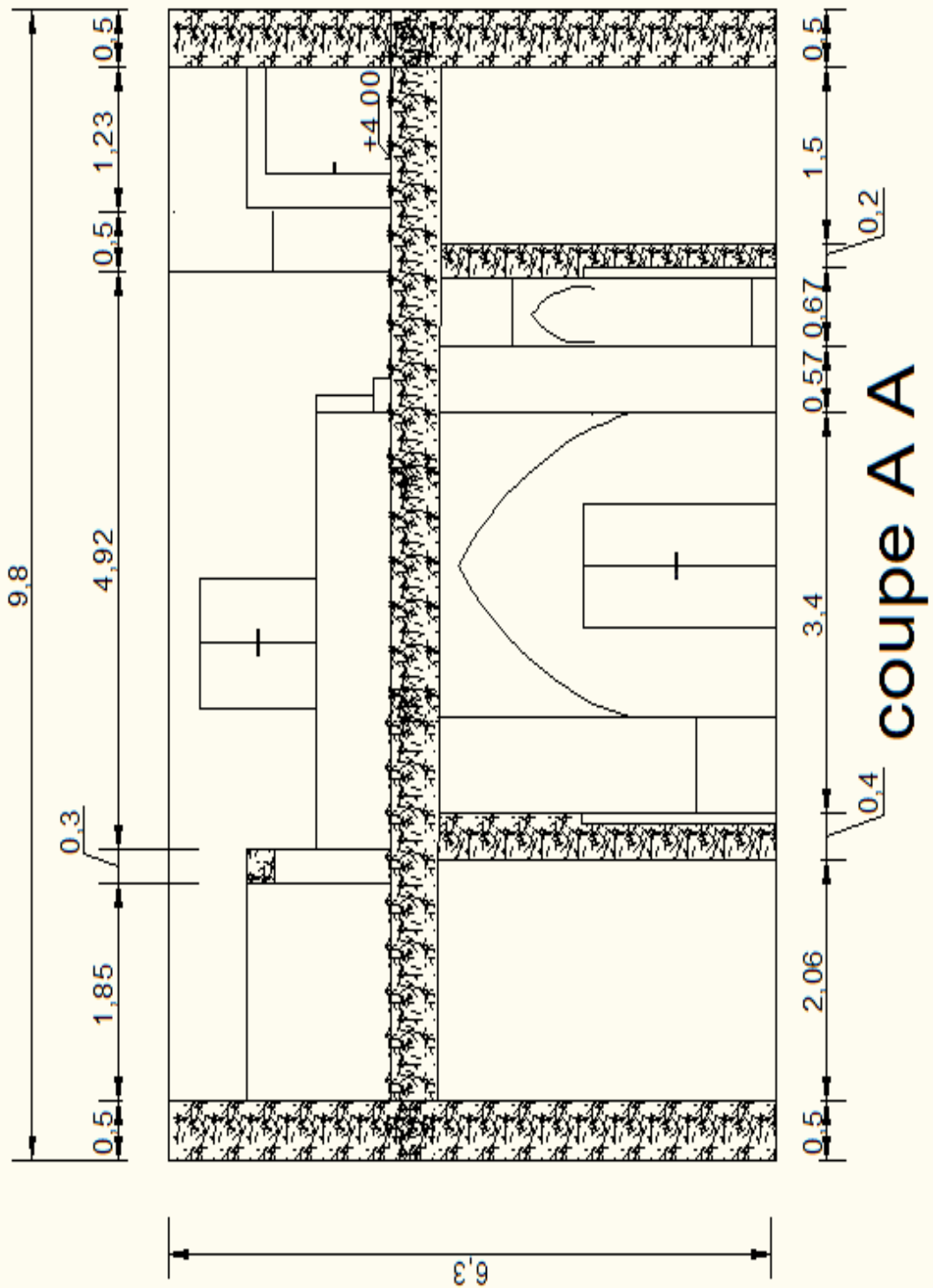
Les fondations de cette maison sont assurées par un système des fondations en rigole (assemblage des pierres dures avec la chaux) tout autour des murs porteurs.

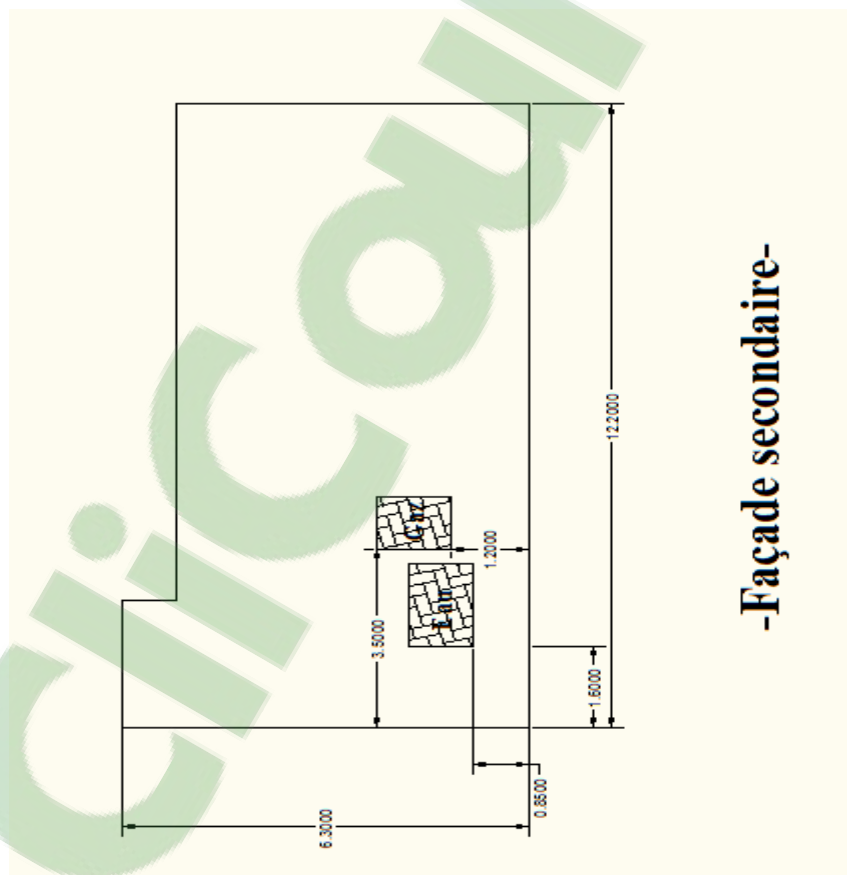
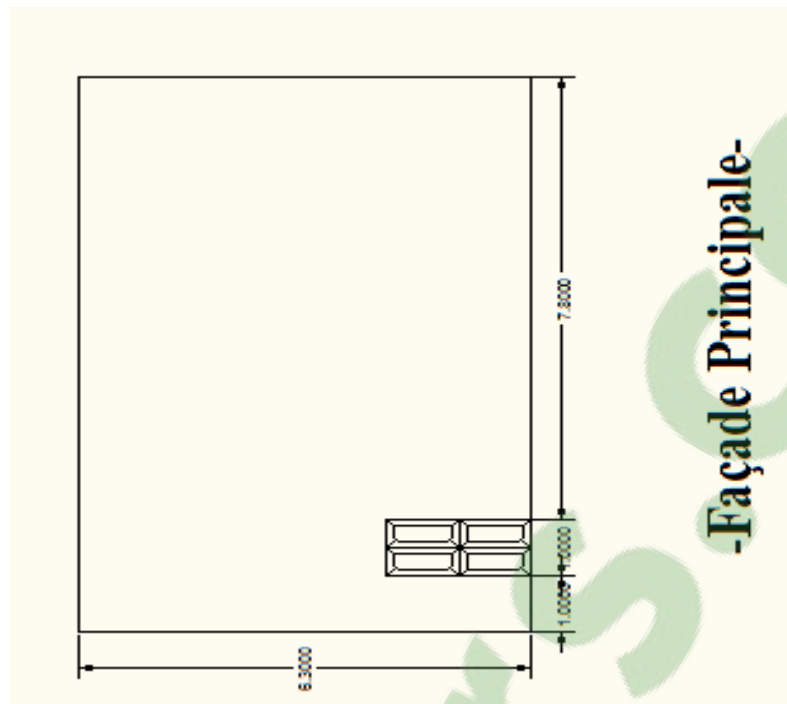
Les murs porteurs sont réalisés en maçonnerie de pierre de calcaire très dure avec un mortier à base de la chaux hydraulique (en moellon).



PLAN R.D.C 1/100







2.5.2 Aperçu géologique du site

Le site en question est situé au centre ville de Tlemcen ou peu d'études ont été réalisées sur ces assiettes avec des ruelles très étroites.

L'examen de la carte géologique de Tlemcen à l'échelle 1/500000 montre la présence d'un grès jaunâtre très dur parfois altéré en sable et qui appartient à l'époque du miocène de la période néogène de l'ère cénozoïque (tertiaire)

L'examen des études effectuées par le laboratoire des Travaux Publics d'Ouest (L.T.P.O) Tlemcen à proximité du projet sont (expertise du bâtiment metchkana et le parking de Tlemcen) montrent la présence d'un remblai d'une épaisseur de 3 à 7m qui repose sur un grès jaunâtre très dur parfois altéré en sable et par endroit ou rencontre des marnes jaunâtres et grès s'intercalant sous formes des bancs.

D'autre notre cas le projet repose sur un remblai très anciens et des grès. Cette formation de grès joue le rôle d'un réservoir d'eau avec un niveau d'eau qui fluctue en fonction de la pluviométrie.

2.5.3 Les éléments structuraux

2.5.3.1 Mur

Les murs constituent l'élément essentiel dans la construction de cette maison. Ils jouent un double rôle à savoir éléments porteur et de séparation. Ces murs sont réalisés sur une épaisseur variable selon leurs destinations allant de 30 cm à 50 cm.

Ces murs sont revêtus par un mortier d'argile et de chaux ensuite par un crépissage en sable et ciment.



Figure 2.9 : Mur porteur**2.5.3.2 Les planchers**

On a deux types de plancher employé :

a/ plancher en Roseau

D'après les informations recueillies au près du propriétaire et l'étude qui a été menée sur le plancher nous confirme l'utilisation des roseaux et du bois avec la terre compactée.

Le plancher est composé de :

- 10 cm de brique pleine
- 30 à 40 cm d'épaisseur de la terre compactée
- 10 à 15 cm du bois et roseau

Soit une épaisseur totale de 50 à 65 cm qui représente le plancher classique utilisé durant cette période de construction avec des matériaux locaux (voir figures du plancher ci-dessous).

**Figure 2.10 : Plancher en roseau**

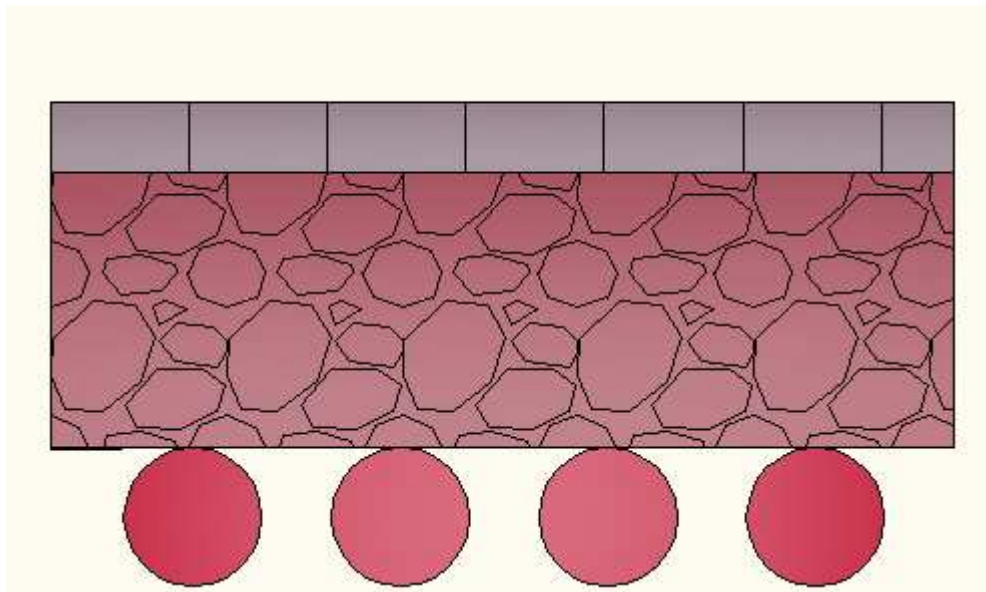


Figure 2.11 : Schéma d'un plancher en roseau

b/ Plancher en dalle pleine

Le plancher en dalle pleine a été réalisé lors de la réhabilitation effectuée en 1959 en utilisant le béton hydraulique. Cette opération a été menée suite aux dégradations du plancher et avec l'apparition du béton hydraulique.



Figure 2.12 : Planché en béton

CONCLUSION

Selon les informations recueillies au près du propriétaire, des voisinages et les visites effectuées sur le site nous pouvons conclure que le projet en question est très ancien, il date du 18ème siècle et qui est affecté par des désordres due au vieillissement des éléments de structure et le manque d'entretien.

Avant tout diagnostic, une phase de reconnaissance du site est prépondérante pour mieux orienter et préparer l'intervention des opérations a effectué.

Cette phase nous a permis de mieux comprendre l'historique du site et de la maison pour entreprendre le diagnostic proprement dit et de procéder à un plan d'action qui nous permet de réhabiliter la maison sur de bonnes bases et des décisions qui s'imposent.

INTRODUCTION

Ce chapitre consiste à développer et décrire les différentes étapes du diagnostic du projet en question et la détermination des cas pathologiques constatés durant cette phase , suivi d'une modélisation de la structure à l'aide du logiciel SAP 2000 (version 12) pour analyser le comportement du projet vis-à-vis au séisme.

3.1 Le Diagnostic

Le diagnostic consiste à identifier les causes en remontant l'enchaînement qui les a produites dans cet ordre : Dommage-Effet-Cause

A cet effet il faut procéder aux différentes étapes pour déterminer les causes des dégradations constatées, à savoir :

- ✓ **Le pré-diagnostic** : c'est une étape qui est marquée par la visite du site, du lieu et ce afin d'avoir une évaluation sur l'état du bâtiment.
- ✓ **Les études pluridisciplinaires** : c'est une étape qui est caractérisée par la collecte des données et de toutes les informations correspondant à notre projet.
- ✓ **Le diagnostic** : L'étape du diagnostique est un travail de synthèse et de réflexion qui est fondé sur l'étude du pré-diagnostic ou on peut déjà avoir une première compréhension du bâtiment, tout en détectant ses déficits et ses potentiels.

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

Cette étape prend en compte plusieurs éléments à savoir :

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

3.1.1 Les étapes du Diagnostic

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

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

3.1.1.2 Les études pluridisciplinaires : cette étape consiste à collecter toutes les informations et documents tel que son historique, la nature de sol, plan de maison ...

3.1.1.3Le diagnostic : Il a pour but de déterminer la nature des désordres survenus durant son existence afin de déterminer les techniques de réparation appropriées. Cette étape est très importante et mérite d'être développée pour prendre des décisions et des solutions adéquates aux désordres enregistrés.

Les différentes étapes effectuées sont :

a Relevé métrique : (07 AVRIL 2012)

Un relevé métrique a été effectué pour reconstituer le plan, de déterminer les dimensions de la maison et la répartition des surfaces et ce par manque des plans. Ce relevé a nécessité l'utilisation d'un double décamètre qu'a été employé pour mesurer les grandes portées. Les ouvertures des portes et fenêtres ont été mesurées à l'aide d'un instrument de mesure de 2m de longueur. L'opération du relevé métrique a duré une demi-journée. Une fois cette opération terminée on a procédé à la reconstitution du plan de la maison à l'aide de logiciel AUTOCAD 2009.

b Relevé Pathologique :

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

i/ Prise des photos

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

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

ii/ Mesure des fissures

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

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

iii) Mise en place des plaques témoins

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



Figure 3.1: Mise en place des plaques témoins

La mise en place des plaques témoins a été réalisée le jour même de la mesure des fissures en date du 07/04/2012.

Une fois ces trois étapes terminées, un plan pathologique indiquant la position des fissures, de la végétation, de l'humidité est établi.

Nom	Endroit	Type de fissure	Direction	Ouverture « mm »	Longueur « m »
F1	Chambre1	superficielle	Diagonal	4	1,65
F2	Salon	Superficielle	Vertical	3	0,7
F3	Salon	Superficielle	Vertical	3	0.8
F4	Salon	Superficielle	Vertical	3	0.5
F5	Salon	Superficielle	Vertical	3	0.7

F6	Terrasse	Profond	Diagonal	30	1,85
F7	Terrasse	superficielle	Diagonal	4	1.1
F8	Chambre terrasse	Superficielle	Vertical	3.5	0.5
F9	Chambre terrasse	Profond	Vertical	3	0.65
F10	Chambre terrasse	Profonde	Verticale	4	0,7

Tableau 3.1 : Relevé pathologique des fissures

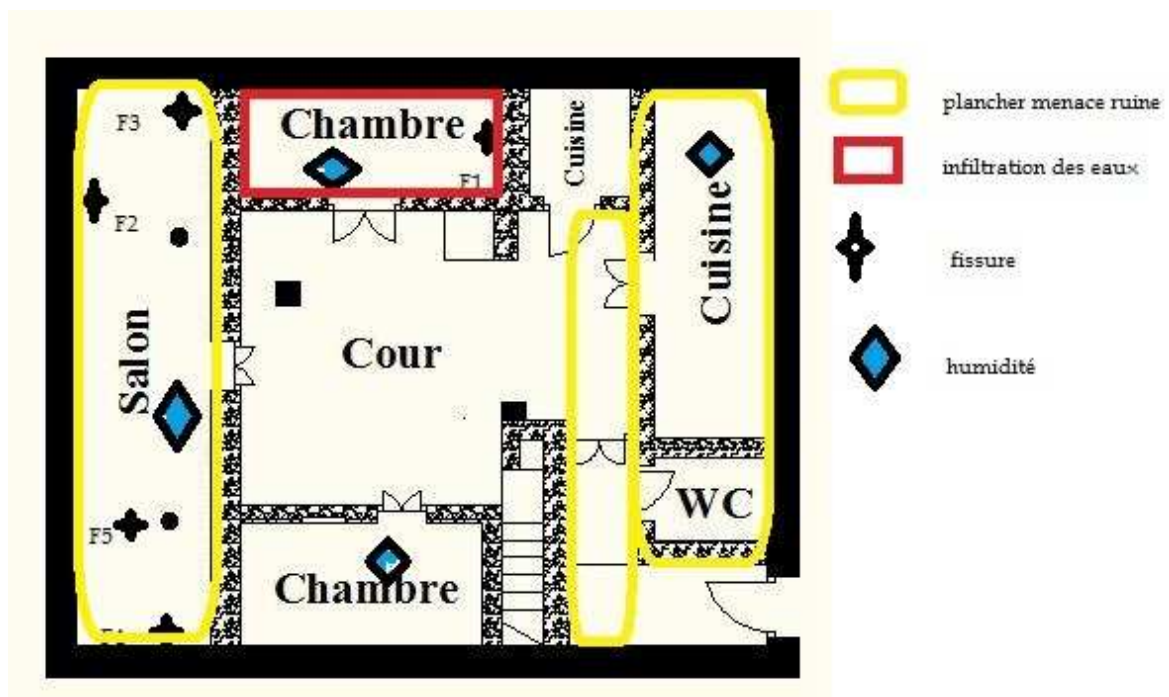


Figure 3.2 : Localisation des dégradations au niveau du R.D.C

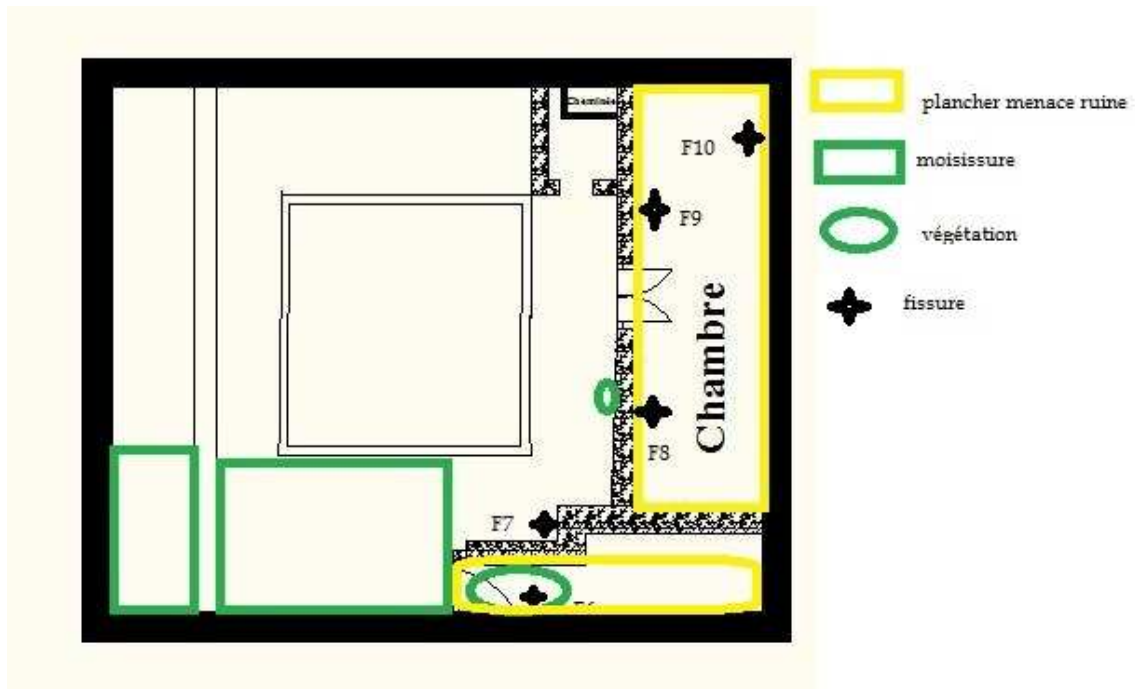


Figure 3.3 : Localisation des dégradations au niveau de la terrasse

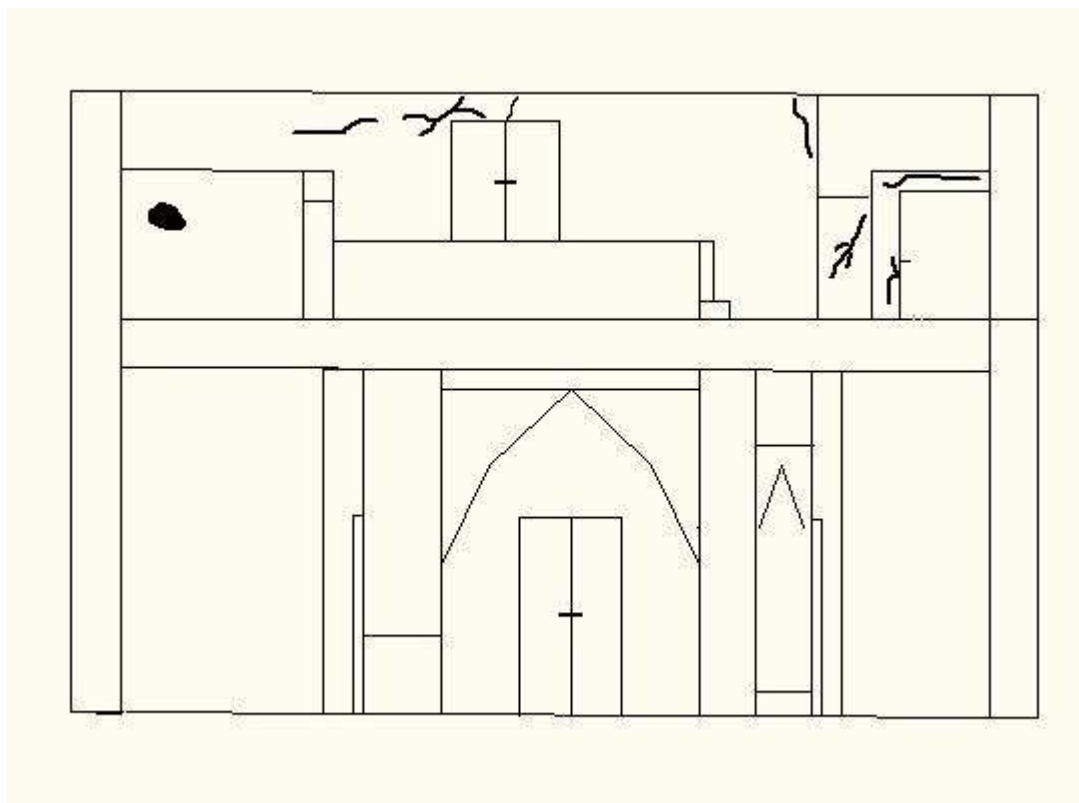


Figure 3.4 : Représentation des fissures

3.2 Pathologie

Suite au diagnostic et analyse effectué, on constate les cas pathologiques suivants :

3.2.1/ Fissure

Les fissures constatées dans notre cas sont dues à un tassement différentiel qui est probablement stabilisé car les plaque témoins ne sont pas fissurés et au l'explosion qui c'est survenu à l'hôtel Maghreb qui se trouve à quelques centaine de mètre et qui a surtout affecté la partie du terrasse.



a) F1

B) F9

Figure 3.5 : Fissures des murs

3.2.2 Végétations et Moisissures

La présence de végétation sur les murs et toitures est considérée comme un des problèmes de dégradation. Une large exposition aux intempéries, un manque de mortier entre les joints (décomposition) favorisent la pousse de végétation, notamment aux abords des évacuations d'eau.

La présence de végétation est constatée au niveau de la buanderie et le mur de chambre de terrasse.



Figure 3.6 : Présence de végétations

Quand à la moisissure, sa présence se trouve au niveau de terrasse.



Figure 3.7 : Présence de moisissure

3.2.3 L'humidité

Ce phénomène est très répandu au niveau du R.D.C dans les parties où il y a un manque d'aération. L'humidité est présente dans toutes les pièces et cuisines.



Figure 3.8 : Présence de l'humidité

3.2.4 vieillissement du matériau

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



Figure 3.9 : Vieillissement de matériau

3.2.5 Flexion des planchers

Ce flexion du plancher est constaté au niveau de la chambre de terrasse et buanderie, qui est due au l'explosion.



Figure 3.10 : Flexion du plancher

3.3 Analyse dynamique

L'étude dynamique consiste à déterminer les réponses de la structure sous les charges sismiques.

A l'aide de cette étude nous pouvons connaître le comportement de la structure vis-à-vis de l'excitation sismique.

3.3.1 Objectif d l'étude dynamique

L'objectif initial de l'étude dynamique d'une structure est la détermination des caractéristiques dynamiques propres de la structure lors de ces vibrations.

L'étude dynamique d'une structure, telle qu'elle se présente, est souvent très complexe, c'est pourquoi on fait souvent appel à des modélisations qui permettront de simplifier suffisamment le problème pour pouvoir l'analyser et d'en tirer les conclusions.

3.3.2 Les étapes de la modélisation

La modélisation de la structure a été effectuée par le logiciel SAP2000 (version 12) ou tous les éléments d'entrées ont été introduits pour voir le comportement des éléments qui constituent le projet en question.

La démarche de cette étape est la suivante :

- En lance le SAP puis à l'aide de la commande New Model, on choisir 3D Frames puis entrer tout les dimensions de la structure entre axes.
- On définie les murs porteurs par l'élément shelle avec un maillage qui varie de 30 à 50cm
- Les plancher sont définis comme des dalles en roseaux d'épaisseur 30cm.
- Introduire les appuis au sol de fondation : les murs encastrés au sol de fondation.
- Section des murs « frame sections »

Dans cette partie, il faut introduire tous les murs avec leur nom, et leur épaisseur, (On utilise Area section).

- Définition des dalles

Comme c'est indiqué précédemment, nous avons utilisé un élément «Shell » pour modéliser la dalle. Nous avons défini que l'épaisseur est de 30cm

- Réalisation du maillage

L'exécution du maillage se fait automatiquement par la fonction Edit « Divide Areas». Après avoir sélectionné la surface de mur porteur.

- Propriété des matériaux « Material Properties »

Nous avons défini deux matériaux dans notre modèle. D'une part, le plancher en roseau, que nous avons considéré comme des dalles pleines infiniment rigides.

Nous avons ensuite introduit les valeurs suivantes :

Tableau 3.2 : Caractéristiques Physiques Et Mécaniques Du Plancher Utilisée Dans La Structure

Caractéristique du plancher	Les valeurs
Poids volumique (Kn/m)	24
Module d'élasticité E(MPa)	$1 \cdot 10^3$
Coefficient de poisson ν	0.1

D'autre part, de la maçonnerie pour les murs a été insérée (mur en moellon).

Nous avons introduit les valeurs suivantes : $E = 1,9 \cdot 10^3$ MPA $\nu = 0,1$ $W = 2,2$ t/m³

Tableau 3.3 Caractéristiques Physiques Et Mécaniques De Maçonnerie Utilisée Dans La Structure

Caractéristique de la maçonnerie en pierre	Les valeurs
La densité de la maçonnerie d (t/m ³)	2,3
Résistance à la compression de la pierre σ_{MAX} (MPa)	23,00
Résistance à la compression de la maçonnerie σ_{MOY} (MPa)	11,50
Résistance à la traction de la maçonnerie $\sigma_{MIN}()$ (MPa)	0,05
Module d'élasticité de la maçonnerie E (MPa)	$1,9 \times 10^4$
Coefficient de Poisson, ν	0,10

Les charges

Afin de pouvoir réaliser l'analyse, nous avons introduit les charges verticales sur les planchers. Ces charges sont :

G : charges permanentes

Q : charge d'exploitation

E : action du séisme.

Les valeurs de ces charges sont constantes sur le même plancher.

- Pour la terrasse accessible on prend $Q = 1,5$ kN /m²
- $G = 0$ KN/m². pour une épaisseur du plancher de 30 cm et qui est largement suffisante pour la vérification.

Après avoir terminé avec les charges on procède à des combinaisons des charges suivantes:

- Etat limite de service ELS : $G + Q$
- $G + Q \pm E_x$
- $G + Q \pm E_y$

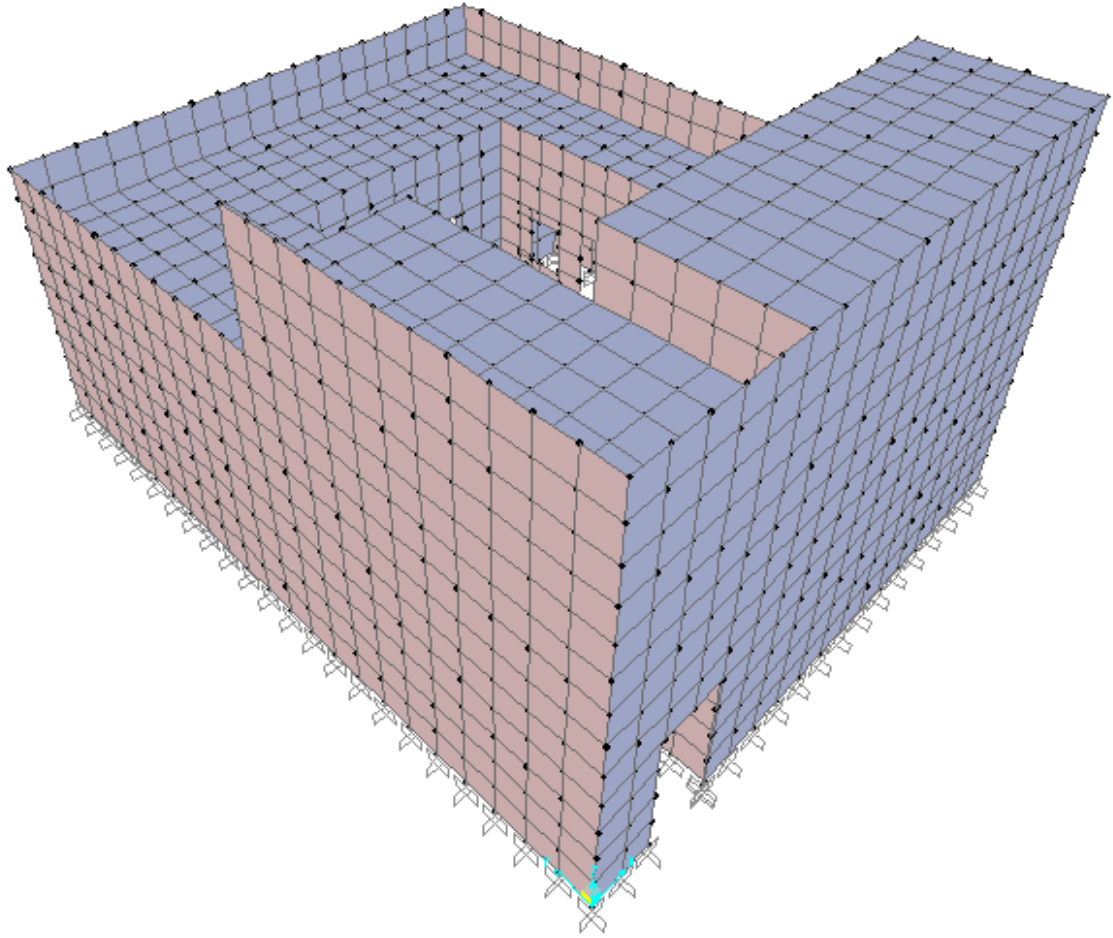


Figure 3.11 : Modèle élément fini en 3D

3.3.3. CHOIX DE LA METHODE DE CALCUL

Le calcul des forces sismiques peut être mené suivant trois méthodes :

- 1-par la méthode statique équivalente
- 2-par la méthode d'analyse modale spectrale
- 3-par la méthode d'analyse dynamique par accélérogrammes

Dans notre cas, nous utilisons la méthode d'analyse spectrale pour l'analyse sismique vu que cette dernière peut être utilisée dans notre cas.

Le RPA99 recommande le spectre de réponse de calcul donné par la fonction suivante :

$$\frac{S_a}{g} = \begin{cases} 1.25 A \left(1 + \frac{T}{T_1} \left(2.5 \eta \frac{Q}{R} - 1 \right) \right) & 0 \leq T \leq T_1 \\ 2.5 \eta (1.25 A) \frac{Q}{R} & T_1 \leq T \leq T_2 \\ 2.5 \eta (1.25 A) \frac{Q}{R} \left(\frac{T_2}{T} \right)^{2/3} & T_2 \leq T \leq 0.3s \\ 2.5 \eta (1.25 A) \frac{Q}{R} \left(\frac{T_2}{3} \right)^{2/3} \left(\frac{3}{T} \right)^{5/3} & T \geq 0.3s \end{cases}$$

Avec :

g : accélération de la pesanteur.

A : coefficient d'accélération de zone.

η : Facteur de correction d'amortissement (quand l'amortissement est différent de 5%).

$$\eta = \sqrt{7 / (2 + \xi)} \geq 0.7$$

R : coefficient de comportement de la structure. Il est fonction du système de contreventement.

T_1, T_2 : périodes caractéristiques associées à la catégorie de site.

Q : facteur de qualité.

Dans notre cas, les valeurs utilisées pour notre structure sont les suivantes :

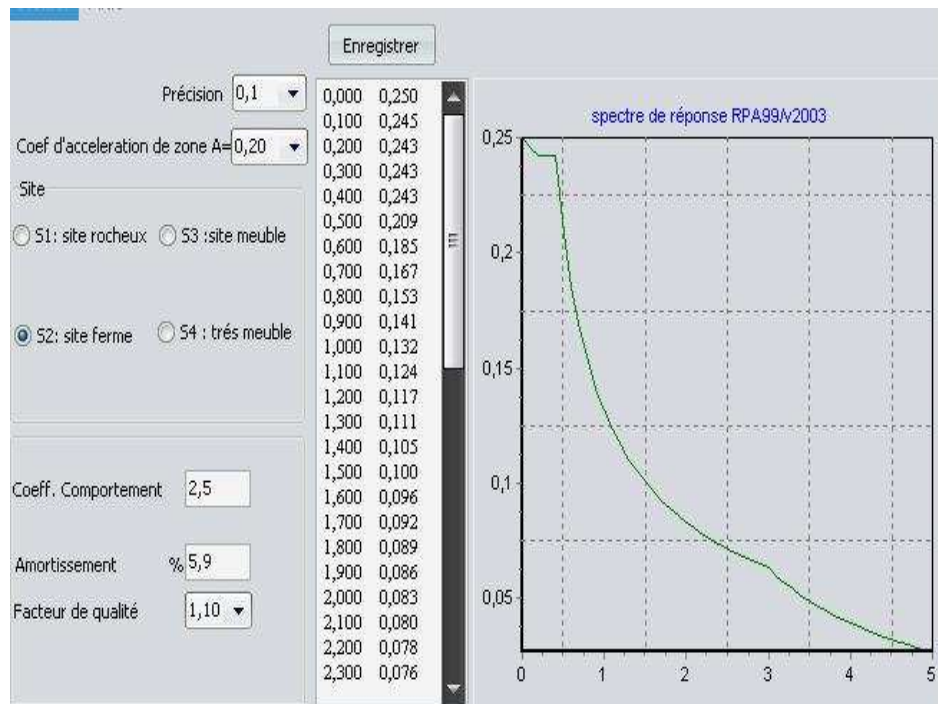


Figure 3.12 : Spectre

$A = 0.2$

$\xi = 5.9\%$

Une fois le spectre de réponse injecté dans le fichier de données, la réponse sismique est obtenu sous différentes combinaisons de charges (G, Q et E).

3.2.4. Analyse et interprétation des résultats :

Tableau 3.4 : Les Modes Constatés

Mode	T« sec »	Mode de vibration
1	0.098	Translation suivant Y
2	0.092	Translation suivant X
3	0.070	Rotation suivant Z
4	0.063	Translation suivant Y +Rotation suivant z
5	0.060	Translation suivant X + Rotation suivant z

Après avoir lancé l'analyse, on a constaté que sur les cinq premiers modes de vibration touchent la partie située au niveau du premier étage (chambre et buanderie), ce qui explique le phénomène très intense des vibrations à cet endroit, ajoutant à cela la petite dimension de la structure et la hauteur importante de cette partie.

3.3.4.1. Contraintes horizontales S11

a) ELS

D'après les résultats obtenus, on a constaté la présence des contraintes de traction au niveau des murs de l'ordre 0,185 bars et qui est considérée comme une faible contrainte. Mais, les parties où se concentrent ces contraintes se trouvent au niveau des linteaux ainsi la présence des petites contraintes de compression qui ne dépassent pas 0,2 bars.

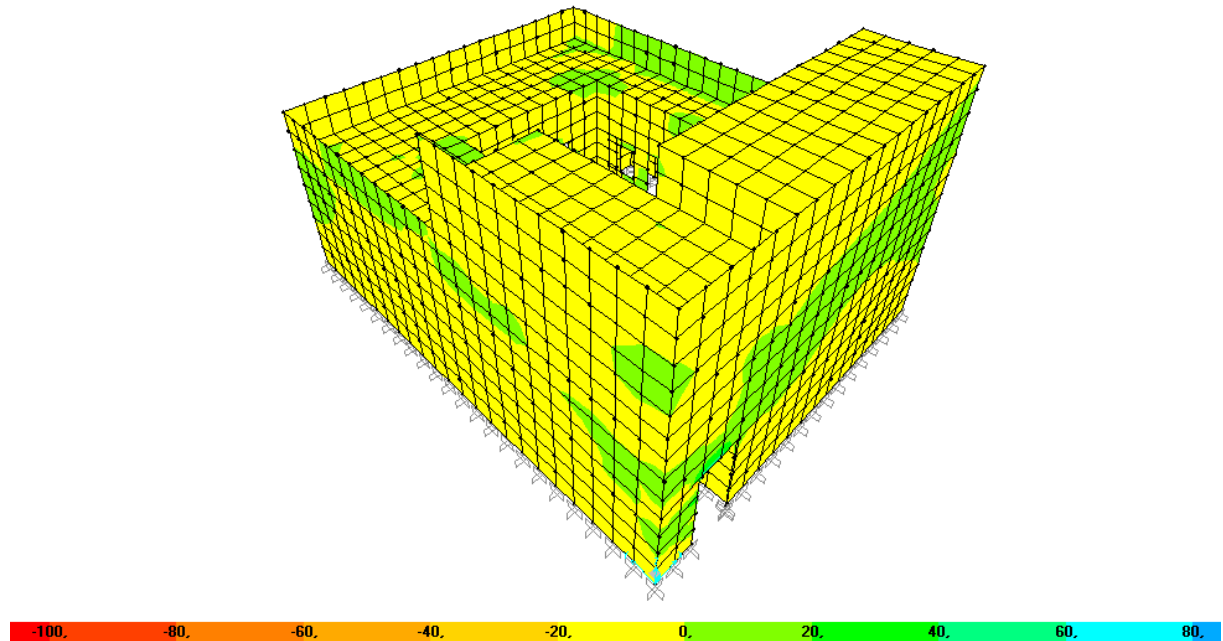


Figure 3.13 : Modélisation des sollicitations à l'E.L.S de S11

b) $G+Q \pm Ex$

De même, on constate la présence des contraintes de traction au niveau des murs de 0 à 0,36 bars et qui est considérée comme une faible contrainte. Mais, les parties où se concentrent ces contraintes se trouvent au niveau des linteaux et qui sont de 0,36 à 0,9 bars ainsi la présence des contraintes de compression qui varient de 0 à 0,36 bars.

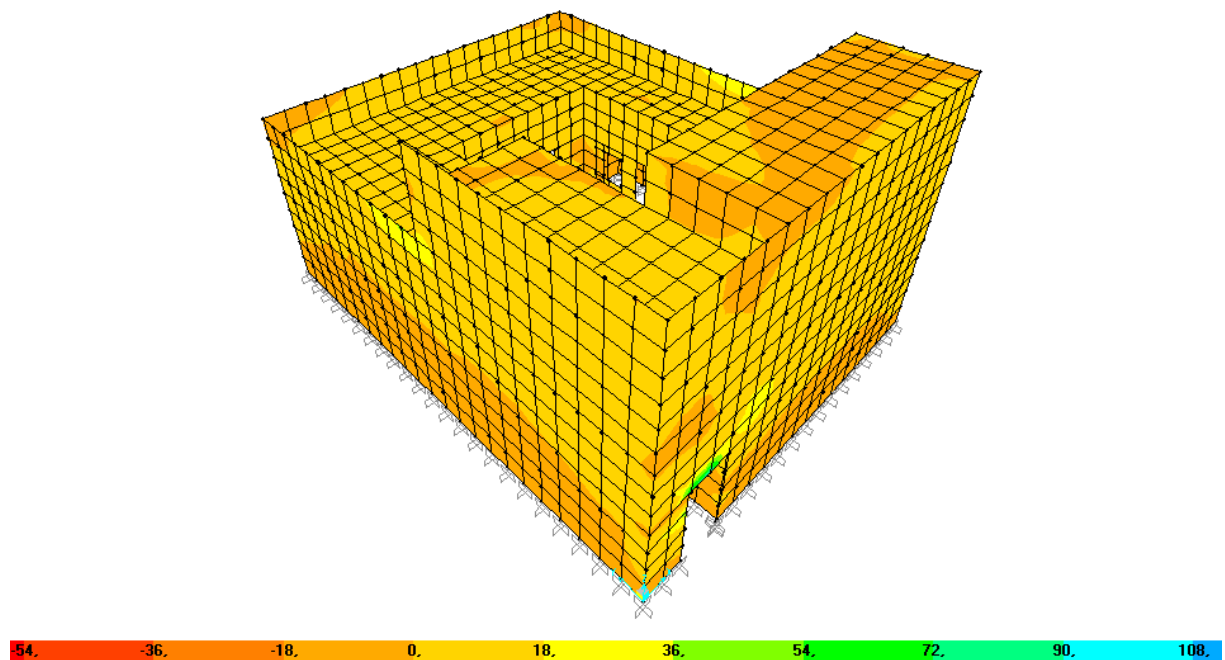


Figure 3.14 : Modélisation des sollicitations à $G+Q \pm E_x$ de S11

c) $G+Q \pm E_y$

On constate la présence des contraintes de traction au niveau des murs de 0 à 0.26 bars et qui est considéré comme une faible contrainte. Mais, les parties où se concentrent ces contraintes se trouvent au niveau des linteaux et qui sont de 0.26 à 1.04 bars ainsi la présence des contraintes de compression qui varie de 0 à 0.26 bars.

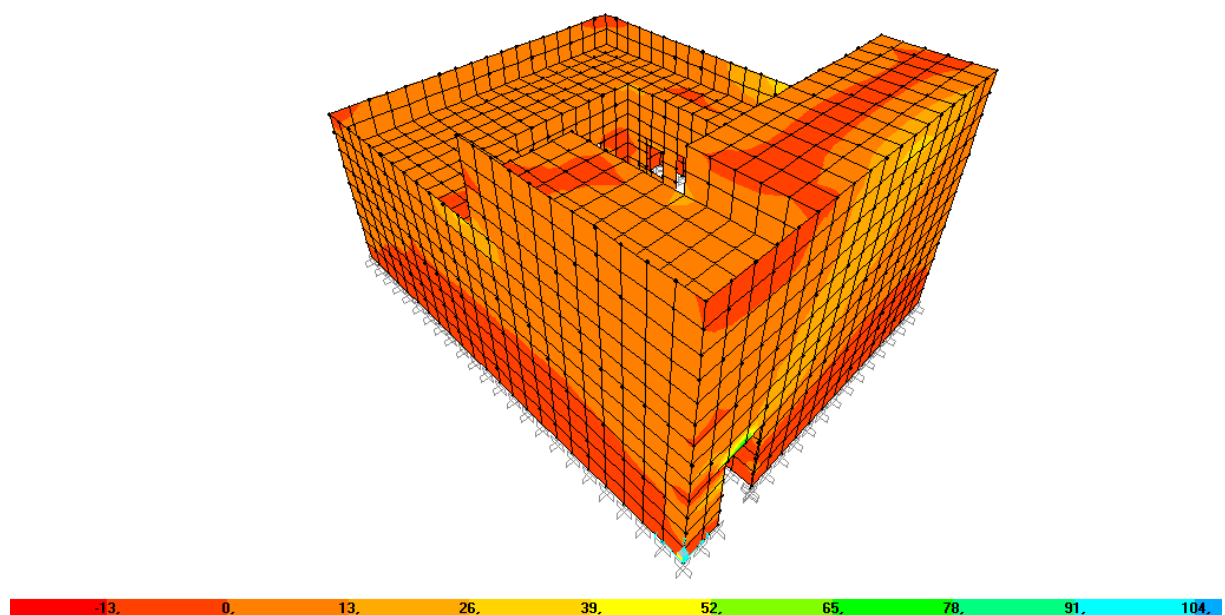


Figure 3.15 : Modélisation des sollicitations à $G+Q \pm E_y$ de S11

3.3.4.2. Contraintes verticales S22

a) ELS

Ce qui est constaté d'après cette analyse que les tous murs sont sollicités à des contraintes de compressions qui varie de 0 à 1.2 bars avec présence des contraintes de traction au niveau des ouvertures de l'ordre 0.15 bars.

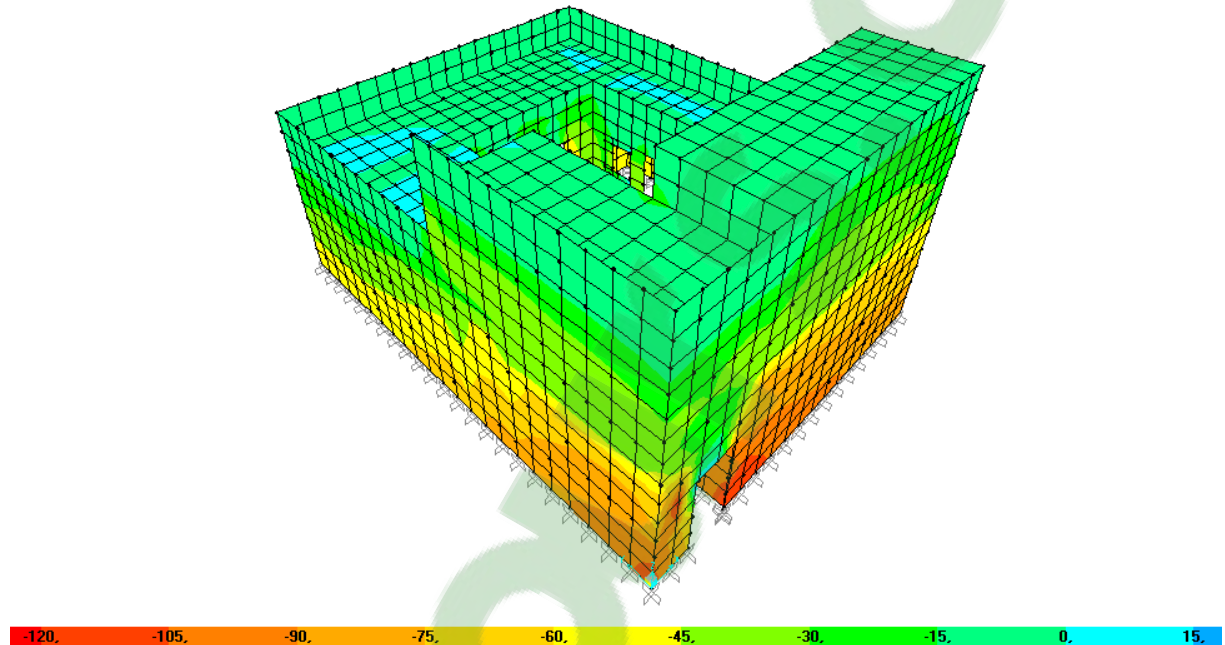


Figure 3.16: Modélisation des sollicitations à l'E.L.S de S22

b) G+Q± Ex

Ce qui est constaté d'après cette analyse que les tous murs sont sollicités à des contraintes de compressions qui varie de 0 à 1.17 bars avec présence des contraintes de traction au niveau des ouvertures de l'ordre 0.13 bars.

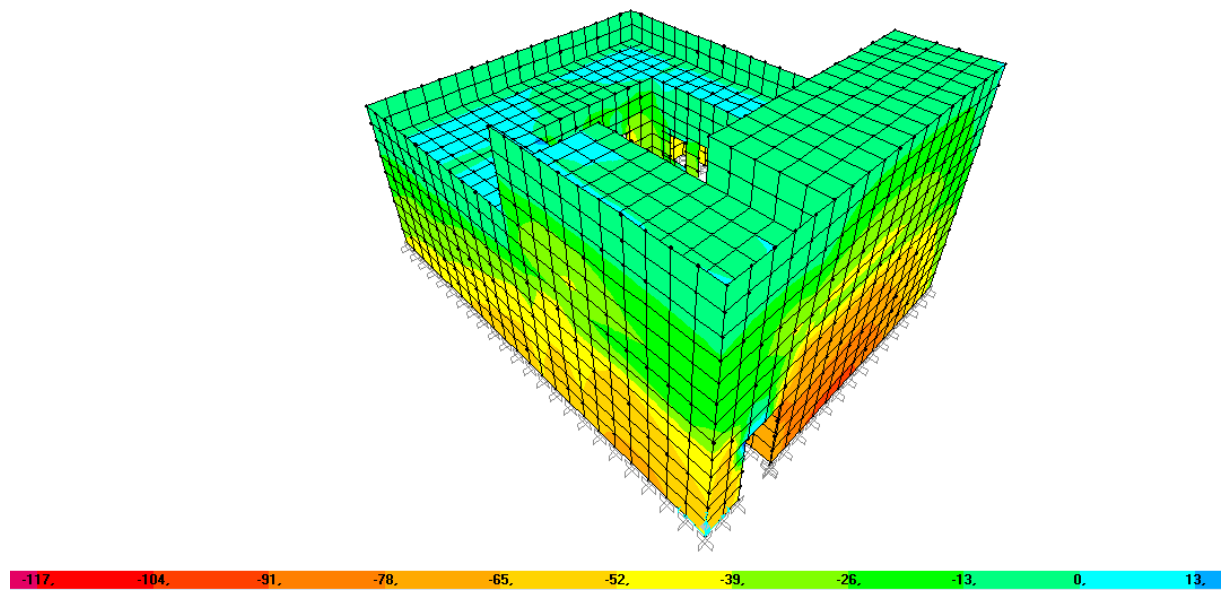


Figure 3.17 : Modélisation des sollicitations à $G+Q \pm E_x$ de S22

c) $G+Q \pm E_y$

Ce qui est constaté d'après cette analyse que les tous murs sont sollicités à des contraintes de compressions qui varie de 0 à 1.12 bars avec présence des contraintes de traction au niveau des ouvertures de l'ordre 0.14 bars.

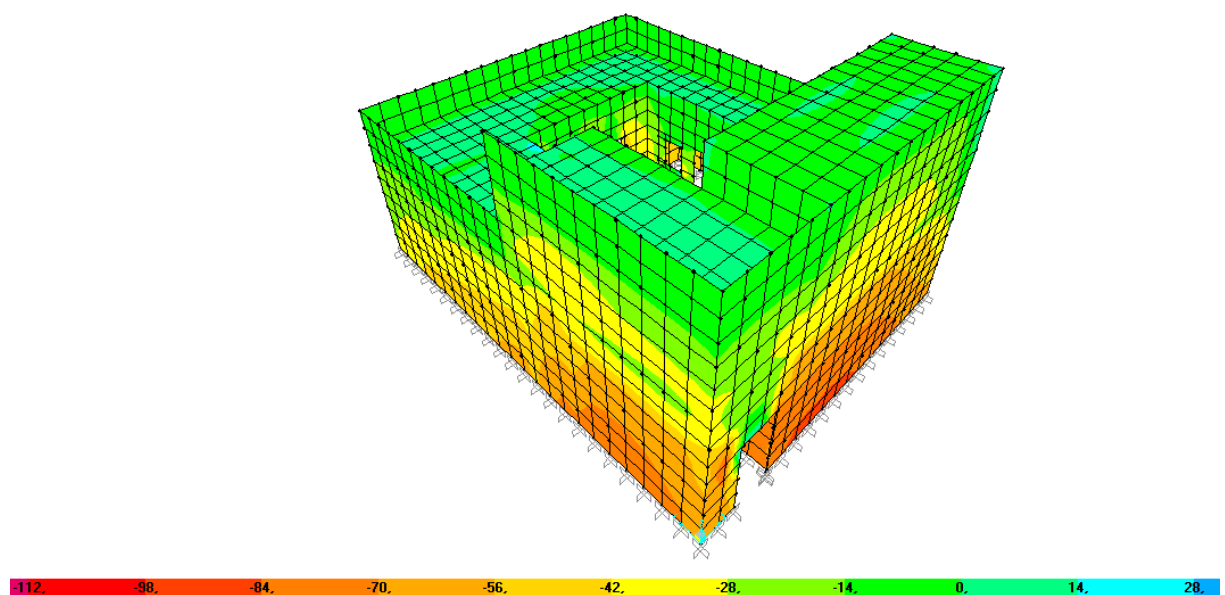


Figure 3.18: Modélisation des sollicitations à $G+Q \pm E_y$ de S22

3.3.4.3. Contraintes de torsion S12

a) ELS

On constate que les murs sont sollicités à des contraintes de traction de même à de compression. Les contraintes de traction varient de 0 à 0.3 bars et de compressions de 0 à 0.3 bars.

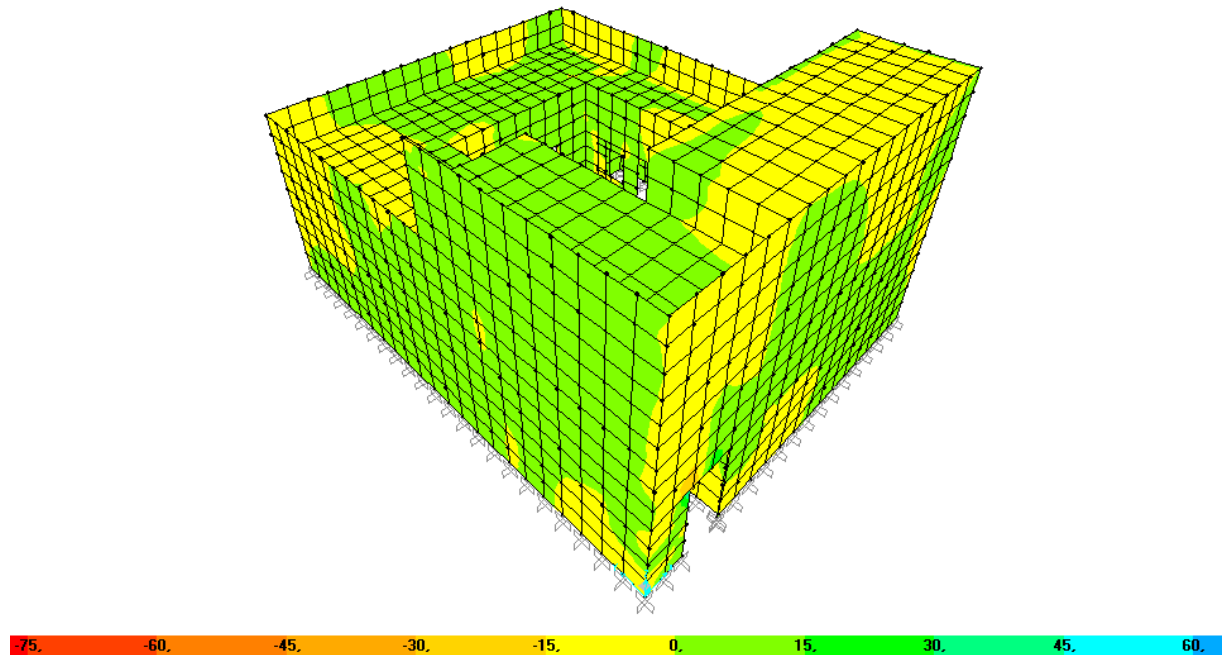


Figure 3.19 : Modélisation des sollicitations à l'E.L.S de S12

b) G+Q± Ex

Ce qui est constaté à cette analyse que les murs sont plus sollicités au contrainst de traction que compression et les valeurs de contraintes varie de -0.28 à 0.42 bars.



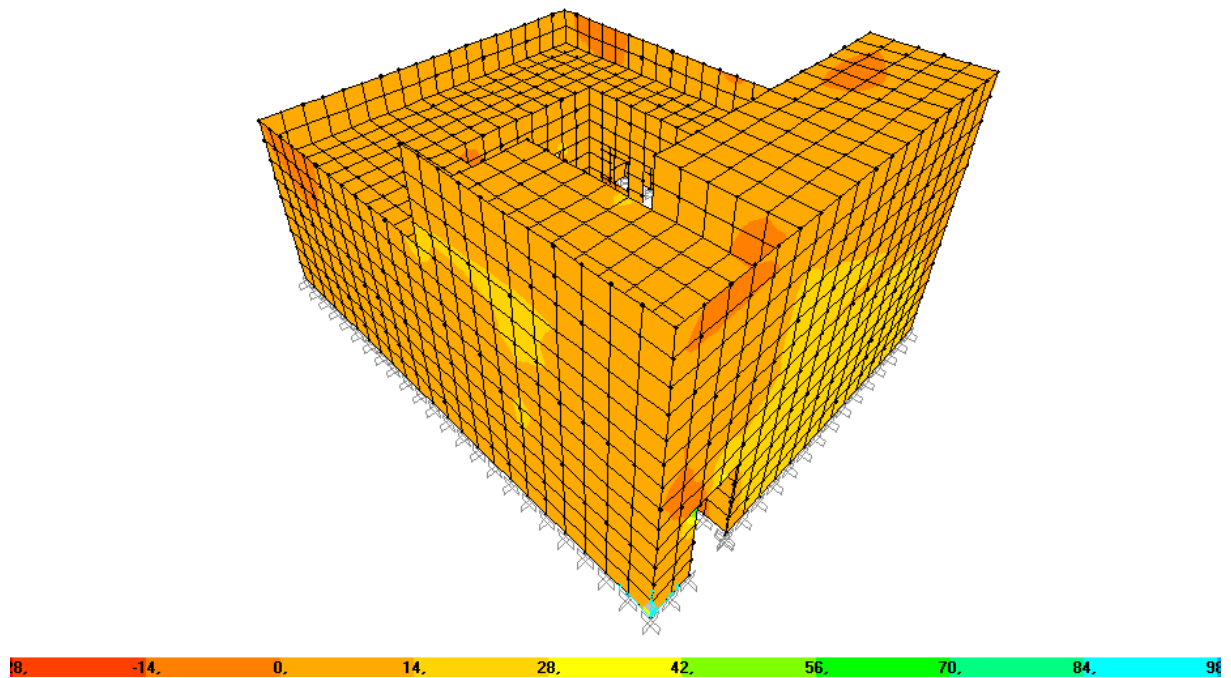


Figure 3.20: Modélisation des sollicitations à l' $G+Q \pm E_x$ de S12

c) $G+Q \pm E_y$

Ce qui est constaté à cette analyse que les murs sont entièrement sollicités au contrainst de traction avec présence des contraintes de compression et les valeurs de contraintes varie de -0.16 à 0.48 bars.

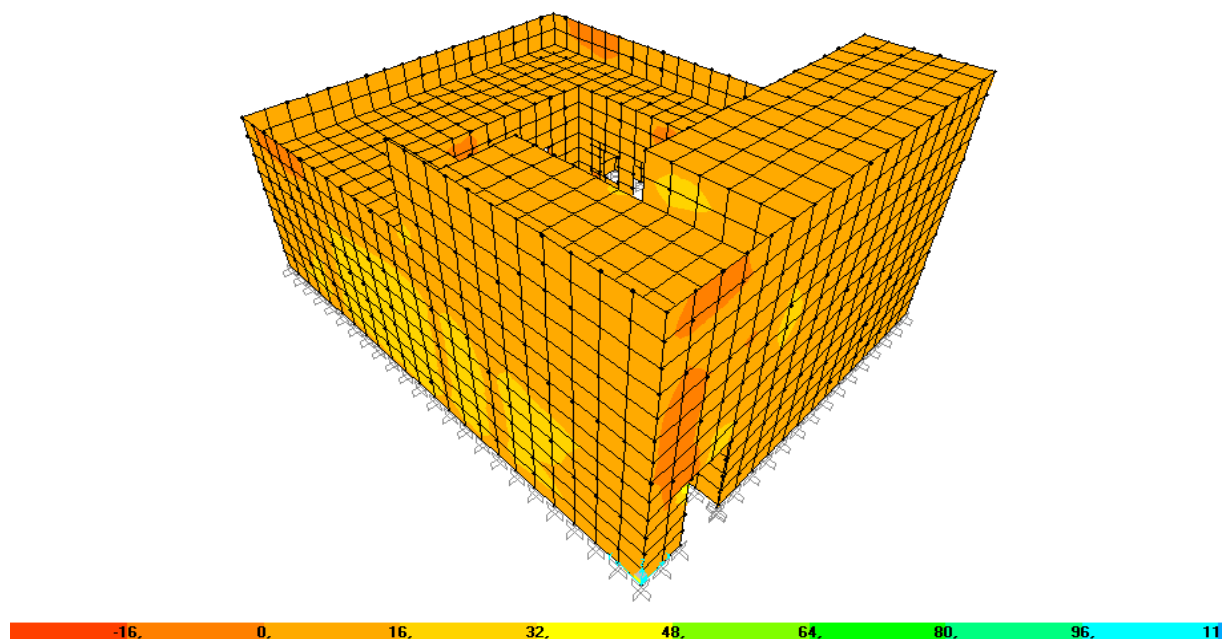


Figure 3.21 : Modélisation des sollicitations à $G+Q \pm E_y$ de S12

Ce qui est constaté à la fin de cette analyse effectuée que les parties les plus sollicitées sont celles qui se trouvent au niveau des ouvertures et que les murs sont sollicités aux deux extrémités qu'elle soit de traction ou de compression et qui sont considérés comme des sollicitations qui n'affectent pas les murs. On peut dire que cette maison est largement surdimensionnée.

Conclusion

Ce chapitre nous a permis de diagnostiquer, de connaître les phénomènes qui ont contribué à la dégradation de la maison.

Le diagnostic a montré que la maison est affectée par des fissures superficielles à profondes, la présence de l'humidité et d'une végétation abondante au niveau de la terrasse, la flexion du plancher avec vieillissement des matériaux.

Après analyse de toutes les données, une modélisation du projet a été effectuée avec la méthode spectrale qui nous permet de connaître les parties de structure les plus sollicitées.

Une fois cette analyse terminée, nous avons constaté que la partie la plus sollicitée est située au niveau du 1^{er} étage (chambre+ buanderie). Cette sollicitation est semblable à la sollicitation due à l'explosion survenue à l'hôtel Maghreb en 1992.

En conclusion, on peut dire que ces dégradations sont dues à l'âge (3 siècles), manque d'entretien de la terrasse et de la canalisation, aux sollicitations externes dues à la déflagration de 1992 qui a touché l'ensemble des constructions avoisinantes.

Introduction

Ce chapitre consiste à finaliser toutes les démarches suivies dans les chapitres précédents à savoir le pré-diagnostic ou on a procédé à la visite du site et du lieu, contact avec le propriétaire de la maison ensuite l'opération du diagnostic proprement dit a été entamée par le relevé des dégradations et la description de tous les cas pathologiques enregistrés dans cette étude et en même temps par la mise en place des plaques témoins pour un suivi de l'évolution des fissures.

Une fois le diagnostic terminé, on a procédé à la modélisation de la structure avec analyse spectrale.

En se basant et en analysant les relevés enregistrés durant la phase du diagnostic, des solutions ont été préconisées pour mettre en œuvre un plan d'action suivi d'un planning de réhabilitation de toutes les opérations enregistrées avec le respect des délais de réalisation.

4.1 Technique de réhabilitation

Une fois les étapes de diagnostic terminé, des solutions aux phénomènes de dégradation ont été apportées pour remettre en état de fonctionnement et d'occupation de la maison. Ces solutions sont :

4.1.1 Le changement des planchers

Cette solution consiste à remplacer tous les planchers affectés par les dégradations par un autre plancher de même nature à savoir bois, roseau, terre compacté, brique pleine.

Cette opération passe par les phases suivantes :

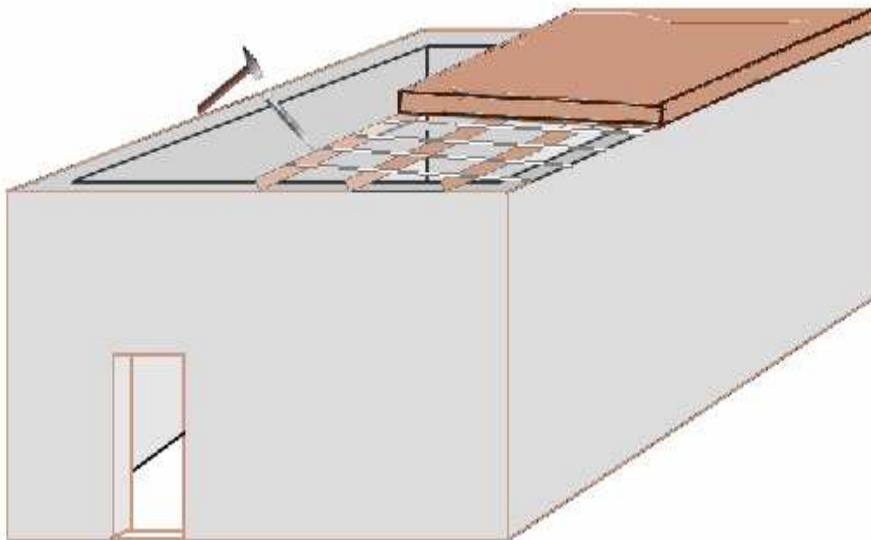


Figure 4.1 : Opération de démolition du plancher

- L'étayement des parois afin d'éviter l'effondrement des murs et surtout du voisinage.

- Décapage du plancher (brique pleine-terre compacté).
- Enlèvement des roseaux et des bois.
- Evacuation des matériaux du plancher.

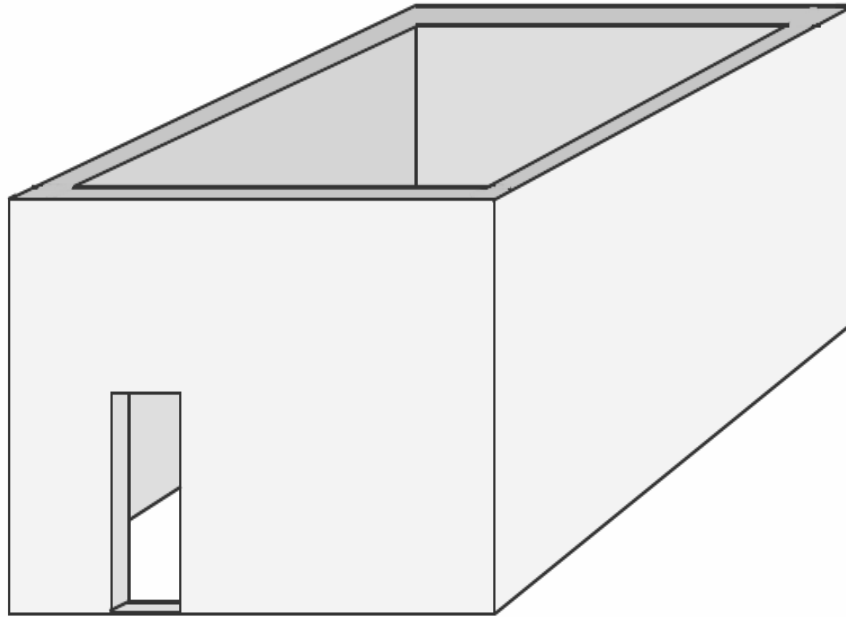


Figure 4.2 : Démolition du plancher

- Mise en œuvre de la remise en état du plancher.
- Sécuriser le lieu de travail.
- Préparation des matériaux du plancher (bois, roseaux, argile, brique pleine, chaux, sable, ciment, eau).
- Exécution des travaux du plancher. (main d'œuvre qualifiée, coffrage, étayement).

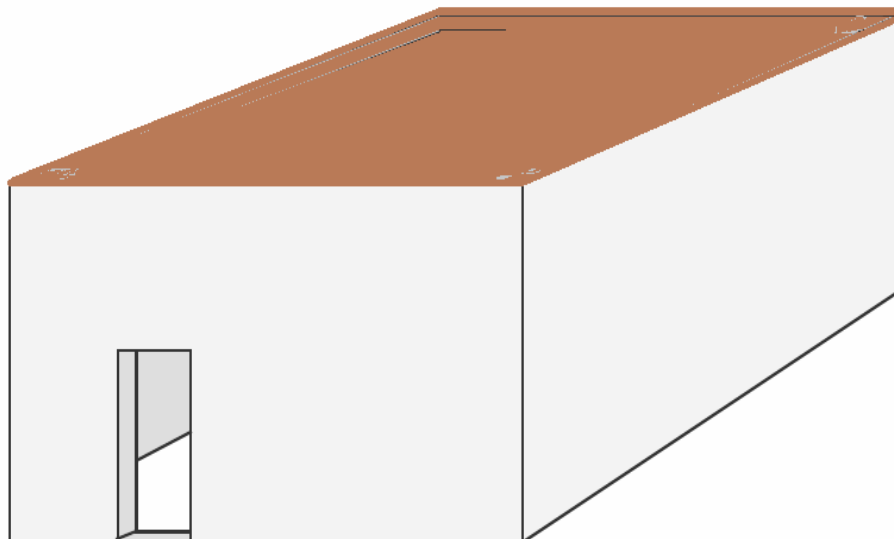


Figure 4.3 : Remise en état du plancher

4..1.2 Décapages des enduits

Cette opération consiste à décaper tous les enduits des murs pour être remplacé par un autre enduit.

4.1.3 Élimination de la végétation

Le mode de traitement de la végétation superficielle dépend de l'état du mur et du type de végétation. On distingue deux méthodes :

Première méthode :

La destruction des végétaux par arrachement.

1. L'arrachement est la solution la plus directe et la plus simple à priori, mais il présente éventuellement un double inconvénient :

(1) de laisser une racine qui repoussera

(2) surtout d'endommager d'avantage la maçonnerie, en enlevant une quantité importante du mortier de jointement.

Cette solution reste la plus facile dans le cadre d'une pratique d'entretien courante.

2. Fermer les vides entre les pierres et ne pas laisser d'espaces dans les joints afin d'éviter la repousse des plantes

Deuxième méthode :

la destruction des végétaux par des produits chimiques.

1. Dans le cas des plantes grimpantes (lierre, vigne vierge...), couper la racine principale pour stopper l'alimentation en sève.

Coupée de son « cordon ombilical » vital, la plante va mourir et se dessécher.

2. Les végétations (herbes ou autres) doivent être pulvérisées par un herbicide à base de Glyphosate. Dans le marché local.

3. Attendre et laisser agir le temps nécessaire pour que les végétations soient mortes, sèches ou en tous cas moins résistantes.

4. Arracher les végétations avec la main ou les couper à l'outil (sécateur...). Prendre soin de minimiser la perte en mortier au cours de cette opération.

5. Nettoyer et humidifier les joints.

6. Fermer les vides entre les pierres avec du mortier de chaux blanche.

7. Remplir les vides avec un coulis de mortier.

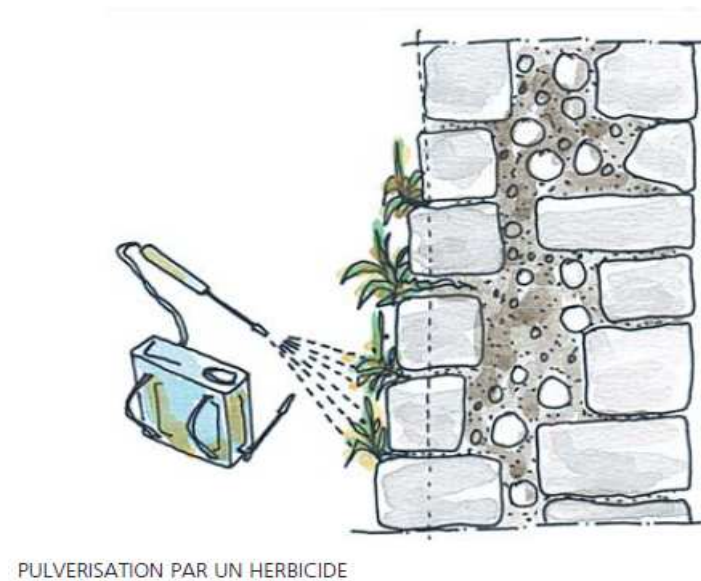


Figure 4.3 : Elimination de la végétation par herbicide

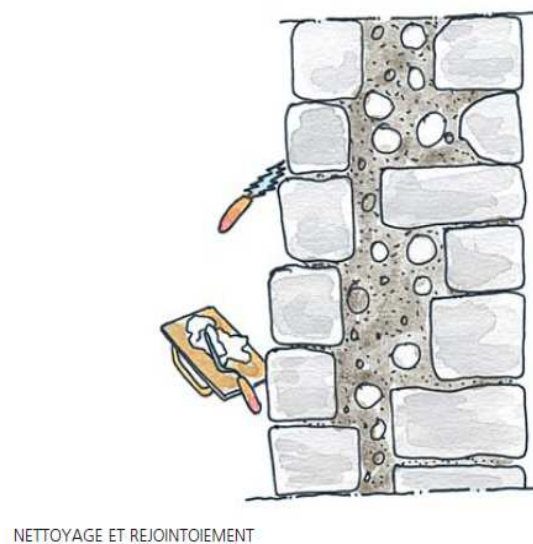


Figure 4.4 : Fermeture des joints

4.1.4 Réparation des fissures sur les murs

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

1. Décroûter les couches d'enduit autour de la zone fissurée à l'aide d'un piochon ou en utilisant un ciseau et un marteau. Prendre soin d'enlever les parties décollées et de dégager une surface minimale pour la réfection de l'enduit.

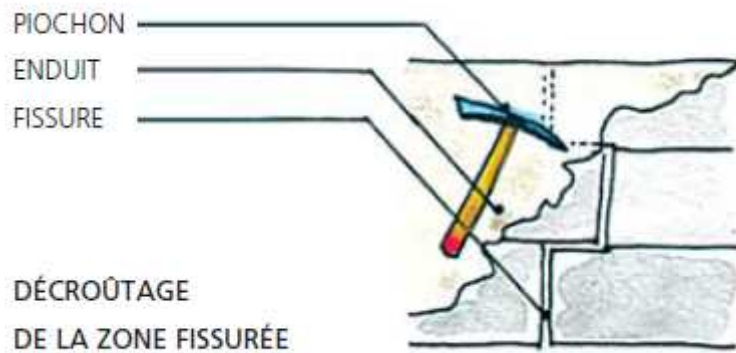


Figure 4.5 : Décrouitage

2. Dégager les joints en mortier le long de la zone fissurée. Utiliser avec soin un ciseau ou un burin avec un marteau. Le joint obtenu doit avoir une profondeur suffisante (jusqu'au fond du parement) pour assurer la consolidation et la bonne tenue du nouveau mortier de joint.

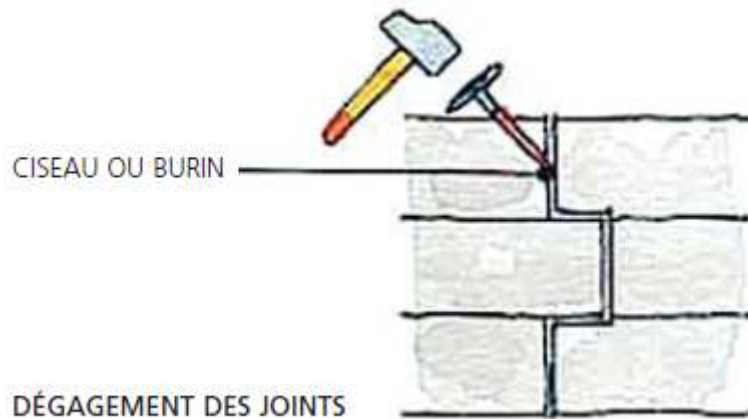


Figure N°4.6 : Dégagement des joints

3. Nettoyer et dépoussiérer les joints (par exemple avec une brosse dure).

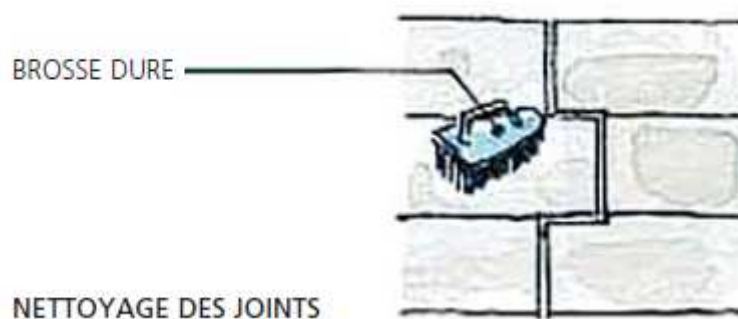


Figure 4.7 : Nettoyage des joints

4. Humidifier les joints avec de l'eau jusqu'à saturation, pour une meilleure prise du mortier.

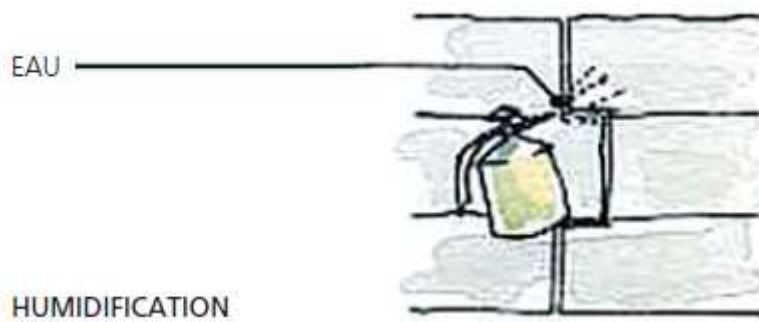


Figure 4.8:Humidification

5. Préparer un mortier de chaux blanche (dosé entre 1 volume de liant pour 2 à 3 volumes de sable) pour reboucher le creux de la fissure jusqu'au nu du parement, en laissant éventuellement des accès pour l'injection de coulis.

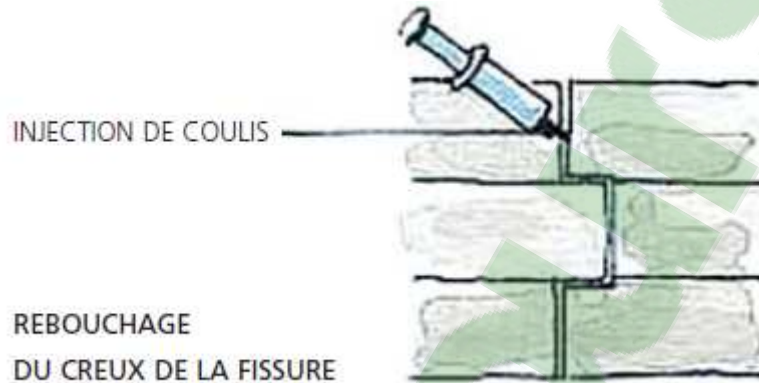


Figure 4.9 : Rebouchage des fissures

6. Fixer éventuellement sur la surface à réenduire une armature de type grillage galvanisé ou grillage de fibres synthétiques, avec un maillage supérieur à 2 cm (un maillage large permet à l'enduit d'adhérer correctement au support).



Figure 4.10 : Fixation des armatures

7. procéder à la mise en œuvre de l'enduit

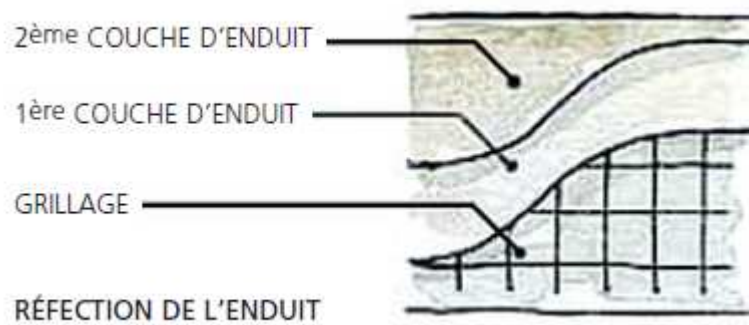


Figure 4.11 : Réfection de l'enduit

4.1.5. Changement des canalisations des eaux de pluie

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

4.1.6 Opération de peinture

Une fois toutes les étapes de solution préconisées sont terminées, l'opération de la peinture est entamée avec un lait de chaux (mélange de la chaux avec de l'eau).

4.2 Plan d'action

Ce plan consiste à déterminer les différentes étapes d'intervention lors de l'exécution des travaux de réhabilitation. Pour cela on va établir un plan de différentes tâches à suivre

Tableau 4.1 : Plan d'action de la réhabilitation

Opérations	Travaux
1	Installation et Sécurisation du chantier
2	Démolition du planché
3	Décapage des enduits
4	Élimination de la végétation et les anciennes canalisations
5	Reprises des planchés
6	Réparation des fissures sur les murs
7	Reprises des murs
8	Changement des canalisations des eaux de pluie
9	Opération de peinture
10	Clôture de chantier

Une fois le plan d'action des travaux arrêtés, on élabore un planning d'intervention pour la mise en œuvre de ces opérations comme indiqué dans le tableau 4.1.

Les travaux d'interventions sont arrêtés comme suit :

Tableau 4.2 : Planning des travaux d'intervention

Opération	Délais											
	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février					
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												

Conclusion

Les solutions préconisées ci-dessus tiennent compte de la préservation des matériaux utilisés initialement, en même temps pour garder le style architectural historique de la maison.

Le délai de réalisation de cette réhabilitation est estimé à six (06) mois et demi.

Les différentes phases de la réhabilitation doivent être respectées en matière de délai et qualité technique pour une meilleure sauvegarde et exploitation du patrimoine.

Cette opération de réhabilitation mérite d'être étendue à l'ensemble des monuments et anciennes constructions afin de préserver le patrimoine national en voie de disparition.

Pour réussir une réhabilitation, il est indispensable de passer par un pré-diagnostic, un diagnostic afin de déterminer les cas pathologiques ensuite les analyser pour mettre en place un plan d'action de toutes les opérations de la réhabilitation.

Conclusion Générale

La réhabilitation de la maison Ghala a permis de diagnostiquer les problèmes qui ont causés les dégradations.

Parmi les points essentiels qui ont contribué à ces dégradations :

- L'âge du bâtiment (vieillesse)
- Manque d'entretien
- Humidité
- L'explosion qui est survenu en 1992
- Tassement différentiel du sol en place

Une fois les causes des dégradations connues, des solutions ont été adoptées et qui sont les suivantes :

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

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

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

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

Référence bibliographie

[1] ANAT Tlemcen « *Medina-tlemcen1* » 2007.

[2] ALIANE Ouahiba et SALHI Mohamed Brahim « *savoir-faire vernaculaires de l'architecture kabyle* » <http://www.umc.edu.dz/vf/images/patrimoine/axe1/aliane-article.pdf>

[3] Bendiouis ASIA « *cour bois* » 2010-2011.

[4] Boukerche Djamel Eddine « *évolution de la ville de Tlemcen pendant la période coloniale* » 1989.

[5] cour d'architecture « *Analyse urbain du noyau historique de Tlemcen* » 2003-2004

[6] Ghomari Fouad « *La médina de Tlemcen: l'héritage de l'histoire* » 2007.

[7] <http://www.universalis.fr/encyclopedie/empire-ottoman>

[8] Michel LOR « *Pathologie, diagnostic, prévention et maintenance des structures* » 2012
Http www.sndl.dz

[9] Méthode Réhabimed « *des fiches techniques* ».

[10] PDAU Tlemcen « *étude de révision du plan directeur d'aménagement et d'urbanisme* » 2006.