

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE



**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ -SAAD DAHALB DE BLIDA-**

INSTITUT D'ARCHITECTURE & PATRIMOINE



Mémoire de Master de recherche en architecture

Option : architecture et patrimoine

L'ARCHITECTURE DE TERRE ET LA CULTURE CONSTRUCTIVE traditionnelle DES MURS

CAS D'ÉTUDE : KSAR ADJAHIL A DJANET

Présenté par :

KOUIDER MOUSSAOUI MOHAMED AMINE

Devant le jury composé de : Mr.....Président

Mr.....Membre

Mme Abderahim .N.....Encadreur

REMERCIEMENT

Nous remercions tout d'abord DIEU tout puissant, qui nous a donné le courage et la volonté de mener à bien ce projet.

Nous tenons à exprimer nos remerciements et notre sincère gratitude à nos encadreurs, Mme Abderrahim et notre porteur du master Mme Foufa, pour leur disponibilité, leur patience et surtout leurs précieux conseils durant toute cette année.

Nous remercions aussi tous nos professeurs qui, à travers nos 5 années de cursus, ont contribué de près ou de loin à notre formation.

Nos remerciements vont aussi à nos chers parents, famille et amis qui ont contribué de leur présence et soutien à l'aboutissement de ce travail.

TABLE DES MATIÈRES

1-INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
2-INTRODUCTION AU THÈME	2
3-PROBLÉMATIQUE.....	3
4-OBJECTIF DE RECHERCHE	3
5-APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE :	3
1. CHAPITRE I : CONSTRUIRE EN TERRE.....	5
I.1. INTRODUCTION	6
I.2- LES ORGANISMES INTÉRESSÉ DANS L'ARCHITECTURE DE TERRE	7
I.2.1. Cratère.....	7
I.2.2. L'école nationale supérieure d'architecture de grenoble (ensag)	7
I.2.3. Association la voute nubienne.	7
I.3. AVANTAGE DE L'ARCHITECTURE DE TERRE COMME RESSOURCE DURABLE :.....	8
I.4. CARACTÉRISTIQUES ET TECHNIQUES DE CONSTRUCTION EN TERRE (VARIANTES).....	9
I.4.1. Description défèrent techniques de construction	11
I.4.2. Synthèse	14
I.5. PRÉSENTATION DES CAS D'EXEMPLES À TRAVERS LE MONDE	15
I.5.1. Exemples d'utilisation de terre comme mortier dans la maçonnerie en pierre :	16
I.5.1.1. Les ruines de Ioropéni a burkina faso :	16
I.5.1.2. Parc national de messa verde	17
I.5.1.3. Centre historique de Morelia.....	18
I.5.1.4. Quartier historique de la ville de Colonia del Sacramento.....	18
I.5.2. Étude technique et opérationnelle sur la ville de Koudougou en Burkina Faso.....	19
I.5.3. Exemple locale en kabyle sur village "ait itchir "a tizi ouzou :	24
I.5.3.1. Le style traditionnelle de bâtis Kabylie :	24
I.5.3.2. Murs	25
I.5.3.3. Résumé.....	26
I.6. ENTRETIEN ET CONSERVATION.....	27
I.6.1. Drainage de l'eau pluviale	28
I.6.2. Réalisation et finition de l'enduit.....	29
I.6.3. Réparation des fissures verticales	29

2. CHAPITRE II : CAS D'ÉTUDE : LE KSAR ADJAHIL À DJANET	31
II.1. PRÉSENTATION DE KSAR ADJAHIL.....	32
II.1.1. L'origine de Djanet.....	32
II.1.2. Situation au contexte régional.....	32
II.1.3. Le Climat	34
II.1.4. Morphologie du ksar.....	34
II.1.5. Ksar Adjahil.....	35
II.2. LA CONSTRUCTION EN TERRE AU KSAR.....	35
II.2.1. Typologie majeure de maison adjahil (chef de tribune)	36
II.2.2. Les matériaux de constructions.....	37
II.2.3. Les éléments architectoniques sur les murs	37
3. CHAPITRE III : ÉTAT DES LIEUX ET CONSTATS	38
III.1. ÉTAT DU BÂTI ACTUEL.....	39
III.1.2. Pathologies relevées (murs).....	39
III.2. CAUSE DE DÉGRADATION ET L'ABONDANT	42
III.2.1. Le ksar entre abandon mutations et carence	42
III.3. POUR UNE MEILLEUR CONNAISSANCE DE PROCESSUS DE CONSTRUCTION DES MURS AU KSAR –ADJAHIL-	44
III.3.1. Processus de reconstitution d'un mur (expérience de stage a Djanet).....	45
III.3.2. Type de pierre.....	49
III.3.3. La terre	50
4. CHAPITRE IV : RÉHABILITATION DU MATÉRIAU TERRE DANS LE KSAR ...	51
SUGGESTIONS ET CONSEILS.....	52
5. CONCLUSION GÉNÉRALE	54
CONCLUSION	55
6. BIBLIOGRAPHIE	56
7. LISTE DES FIGURES	58

1-INTRODUCTION GÉNÉRALE

Depuis les plus anciens siècles de la vie humaine, L'homme a toujours voulu s'abriter et se protéger face à la nature et aux animaux il a commencer par se chercher des abris naturels tels que les grottes et cavernes, par la suite la sédentarisation va pousser ce dernier à construire et façonner lui-même ses abris, en utilisant les matériaux disponibles dans son environnement, parmi ces matériaux il y a la terre crue. L'homme va travailler ce matériau pour l'adapter à ses besoins.

Les anciens peuples et civilisations ont toujours utilisé le matériau terre et ce dernier, a pendant longtemps constitué l'élément essentiel des constructions, associé parfois à la pierre.

La terre crue, utilisée depuis des millénaires, reste aujourd'hui le matériau de construction le plus répandu à travers le monde. Un tiers de l'humanité vit dans un habitat en terre, soit plus de deux milliards de personnes dans 150 pays. Les architectures de terre, simples ou monumentales, sont présentes dans des contextes variés et répondent à des besoins très divers.(source -craterre) .

Après avoir été remplacée par des matériaux de construction jugés plus performant et résistants. Le retour à cette matière devient d'actualité, on se réapproprie ce matériau, on tente de le réintégrer dans les constructions nouvelles, cela reste encore restreint mais il y a une volonté de réintroduire ce matériau, au vu des exigences énergétiques actuelle, qui vont dans l'intérêt d'une préservation de nos ressources naturelles. Ce retour se veut comme une réponse à une alternative considérable à l'épuisement des ressources périssables et aux matériaux énergivores. Car la terre crue est reconnue pour ces performances et ses qualités écologique et durable.

Aujourd'hui on réadapte la matière on innove, afin de constituer un matériaux pouvant répondre aux normes actuelles du bâtiment, sachant que cette matière a souvent ses limites la terre étant disponible en grande quantité, elle constitue le matériau le plus présent et le plus réparti dans le monde.

C'est un matériau qui a fait ses preuves à travers les siècles mais à l'heure où l'innovation et la promotion de la terre se fait entendre, certaines zones qui ont vu s'épanouir un art de bâtir ancestrale, lié à cette matière, sont entrain de disparaître. Victimes d'un abandon et d'un laisser aller comme cela est le cas dans certaines villes du sud de l'Algérie. Ces entités urbaines construite selon un savoir faire liant ingéniosité et cohésion sociale, se retrouvent en état de détérioration souvent avancé.

La raison en est principalement l'abandon et la désertion pour un habitat jugé plus adapté, résultant des conditions actuelles de mutation dès sociétés. Dans le sud Algérien et dans

certaines zones centrales, nous notons la désertion des peuples locaux de ces bâtis historiques, par exemple dans la ville de Djanet, 30% de l'état des bâtis anciens construits en terre, est en ruine, il y a perte de structures bâties et d'un savoir-faire, la population se tourne vers les nouvelles habitations.

La terre crue considérée comme matière de base pour l'architecture ancienne, reflète ce patrimoine ancestrale et unique de ces régions du sud. L'architecture de terre souffre du problème de valorisation, prise entre la tradition et modernité, on considère les savoir-faire traditionnels, les techniques et les matériaux de terre avec beaucoup de préjugés, qui tendent à la sous-estimer, en comparaison avec les matériaux dits modernes jugés plus fiables plus solides et mieux adaptés. C'est pourquoi les habitations du sud sont considérées comme faisant partie du passé et inadaptées aux exigences nouvelles, alors qu'elles ont toujours répondu aux besoins et aux modes de vies de ses peuples.

2-INTRODUCTION AU THÈME

L'intérêt de cette recherche portera sur une zone particulière du grand sud saharien à savoir les ksour plus particulièrement le ksar Adjahil, ce noyau historique subit un phénomène de dégradation avancé et des traces entières de ce habitat traditionnel se perdent chaque jour. Dans tous les noyaux historiques de la ville Djanet, le mode de construction des structures, associe la pierre et la terre. Cela donne l'aspect et la couleur architecturale de la région désertique. Cette apparence se manifeste dans toutes les dimensions, que ce soit sur l'échelle urbaine ou architecturale.

Les pierres sont un matériau de base dans la construction des murs à Djanet, qui appartiennent à la grande chaîne de Tassili, où une énorme bande d'une qualité de Pierre de millions de mètres cubes, tels que le basalte et le granit, sont exploités dans les constructions des murs, associés à la terre pour les mortiers les enduits et le façonnage. L'étude va porter essentiellement sur la structure portante des habitations de ksar, il faut savoir que ces éléments de maçonnerie sont composés d'un appareillage de pierre de la région et de terre travaillée. L'ingénierie locale a su démontrer un savoir-faire spécifique à cette région et répondre aux exigences du bâti dans une région dotée d'un climat rude.

L'habitat du ksar Adjahil est en péril et les maisons constituant ces habitats s'écroulent. Les raisons en sont principalement d'ordre social. Les sociétés qui habitaient ce ksar désertent les lieux, l'abandon et le manque d'entretien du ksar favorisent sa destruction. Ce ksar aujourd'hui progressivement déserté se retrouve dans un état de délabrement avancé, faute d'entretien. Le manque d'entretien et le laisser-aller causent de graves préjudices dans ces habitations, ce qui provoque des destructions majeures des structures porteuses. La combinaison du matériau terre associé à la pierre sont les éléments essentiels avec lesquels sont bâties ces maisons. La terre étant une matière fragile, si on ne l'entretient pas, cette dernière va subir les aléas du temps et d'autres facteurs qui vont accélérer le processus de dégradation et faire perdre au ksar sa raison d'être. La thématique de cette recherche va tenter

de mettre en avant les raisons de la détérioration des murs des habitations du ksar Adjahil et d'identifier les techniques de construction en terre crue de ces murs pour une meilleure reconnaissance de ces procédés constructifs, de la mise en œuvre des murs avec toutes les caractéristiques techniques et esthétiques a sa réalisation.

3-PROBLÉMATIQUE

Il s'agira de comprendre les raisons de la détérioration de l'habitat du ksar Adjahil à travers le processus de dégradation de ses structures en maçonneries, un processus lent mais inévitable vu les conditions du ksar aujourd'hui.

Quelle sont les causes de dégradation et destruction de ces murs ?

Peut on a travers la reconnaissance de la culture constructif des murs apporter une réponse a cet état de fait ?

4-OBJECTIF DE RECHERCHE

L'objectif de cette recherche est en premier lieu une alerte a l'état de détérioration du ksar Adjahil, une compréhension des phénomènes qui causes la perte des structures porteuse des habitations du site et une reconnaissance du savoir constructif et de la technicité dont on fait preuve les anciens, par leur ingéniosité et leur savoir faire dans l'art de bâtir les ksour.

Car identifier la culture constructive est une reconnaissance de ce patrimoine riche et authentique qu'il nous est donné de préserver. Le savoir faire étant une marque de fabrique qui se perd dans le ksar, il est indispensable de réhabilite cette culture et cela doit obligatoirement passer par une réelle connaissance de cet art de bâtir dans ses moindres aspects.

Cette recherche s'englobe dans le thématique architecture de terre, un des aspect que nous jugeons important de mettre en avant de part les caractéristiques et les techniques qu'imposent la construction de terre reconnu comme matériaux offrant des capacités indéniables et dont les ksour en sont la preuve

5-APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE :

Notre travail est principalement basé sur la compréhension de toutes les notions et concepts liés à l'architecture de terre, la terre comme matière ancienne mais aussi moderne les techniques de fabrications et de façonnages de ce matériau, ses spécificités et ses qualités

environnementale. L'impact et l'intérêt que suscite ce matériau
Par la suite il s'agira de présenter le cas d'étude par la présentation du noyau historique, le
environnementale. L'impact et l'intérêt que suscite ce matériau

Par la suite il s'agira de présenter le cas d'étude par la présentation du noyau historique, le
contexte et les particularités des habitations du sud a savoir les constructions en terre.

L'évaluation de l'état des lieux par l'observation et l'identification des raisons induisant la
détérioration des murs du ksar. Comprendre les causes de destruction.

Mettre en avant les techniques constructives de ces murs par la compréhension de la mise en
œuvre des matériaux servant pour la construction. Montrer les divers procédés de réalisations
des murs.

Tenter d'avoir une lisibilité et des perspectives pour l'éventuelle récupération et diffusion de
ce savoir -faire.

Chapitre I :
CONSTRUIRE EN
TERRE

I.1. INTRODUCTION

L'utilisation de terre en architecture offre plusieurs avantages constructives de part sa malléabilité comme un matériau léger, naturel durable énergétique et économique.

La terre est un matériau indissociable des constructions anciennes de part ces qualité, c'est un matériaux qui répond de manière favorable au exigence climatique les constructions en terre se retrouvent dans différents continent et c'est le bâti essentiel de certaine population et de l'expression de leurs identité, comme en Afrique, en Asie ou l'Amérique du sud « L'architecture de terre joue un rôle prépondérant dans la révélation des identités locales et présente une pérennité des techniques de construction, souvent liées à une véritable expression artistique. Elle suscite un intérêt grandissant car elle permet des réalisations qui contribuent fortement au développement social, culturel, en respect de l'environnement et dans une perspective de développement durable » patrimoine mondial inventaire de l'architecture de terre 2012

On constate que malheureusement beaucoup de pays délaissent cette culture de construction pour opter pour des matériaux jugés plus performants et qui répondraient mieux aux besoins actuels. Donc on abandonne l'option terre pour s'orienter essentiellement vers le béton. Les constats énergétiques font état d'une grande consommation d'énergie puisée dans les ressources durables. Le renouveau de l'architecture de terre s'est fait connaitre depuis plusieurs année et il y a une volonté de revenir à la terre crue comme matériau économique durable et disponible, d'où l'intérêt de certain organisme et équipes de recherche, qui s'intéressent a ce matériaux et tentent de le réintroduire dans les nouveaux projets. De grands efforts sont également fournis pour préserver le patrimoine de terre et le sauvegarder.

La terre a ses techniques de façonnage et de mise en œuvre qui parfois remonte a des savoir faire très anciens.

I.2- LES ORGANISMES INTÉRESSÉ DANS L'ARCHITECTURE DE TERRE

I.2.1. Cratère

Cratère c'est abréviation de (Centre de recherche et d'application en terre) est une « association créée en 1979 à l'initiative d'étudiants et destinée à promouvoir l'architecture de terre crue, Devenue laboratoire de recherche sur l'architecture en terre crue basé à l'École nationale supérieure d'architecture de Grenoble (ENSAG), il réunit une trentaine de chercheurs professionnels et enseignants autour d'un projet de diffusion des savoirs et savoir faire de la construction en terre crue en France et à travers le monde » selon cratère

-L'organisation cratère a dispense des études de deux ans pour obtenir un diplôme spécialisé en architecture de terre (DSA),le but étant, la conservation physique des établissements humain et le patrimoine

--appui sur laboratoire cratère –ensag depuis 1998 la chaire Unesco (Architectures de terre, cultures constructives et développement durable) avec mutualité de communauté internationale des différents savoir faire scientifique et technique autour de l'architecture de terre bauge torchis pisé adobe ets..) Dans le domaine de patrimoine mondial.

-Cratère une organisation présente a une échelle mondiale et travaille dans plusieurs continents comme un centre intéressé par les constructions en terre, d'ou le mérite du prix international pour l'architecture durable globale en 2016. (award for sustainable architecture)

I.2.2. L'école nationale supérieure d'architecture de grenoble (ensag)

L'École nationale supérieure d'architecture de Grenoble (ENSAG) est un édification publique d'administration et enseignement supérieur situé a Grenoble-France- et l'une des grandes écoles de la ville de Grenoble associer avec université de Grenoble alpes et considéré comme une excellence école.

L'ENSAG avec notamment son laboratoire de cratère fait des efforts pour faire revivre la construction en terre, avec ses étudiants, elle a permit la construction d'un édifice en terre et en bois « terra nosta » dans le quartier Flaubert a Grenoble, construction de type écologique.

I.2.3. Association la voûte nubienne.

“Depuis 2000, l'ambition de l'Association la Voûte Nubienne est de développer un marché de l'habitat adapté en Afrique de l'Ouest en intégrant à la fois les questions de logement, de formation professionnelle, d'économie, d'environnement et de climat. Au centre du programme, un concept architectural à la fois ancestral et innovant : la Voûte Nubienne. Cette technique constructive sans bois, ni tôle, utilise la terre crue comme matériau et permet la formation professionnelle d'une main d'œuvre locale et (...)”(voutenubienne.org)

1.3. AVANTAGE DE L'ARCHITECTURE DE TERRE COMME RESSOURCE DURABLE :

L'homme de premier siècle vit dans des régions avec les aléas climatiques, géologiques et socioéconomique, il s'adapte a son milieu on essayant de trouver les ressources nécessaires



Figure 1 : Carte de distribution de l'architecture de terre dans le monde-craterre-

La terre est la matériau le plus accessible de part le monde ressource durable et économique sa disponibilité et la facilite de son utilisation en font un matériau de prédilection pour les projet a venir elle ne constitue plus uniquement la matière de base des anciens centres ou de villages elle est utilisée pour ces performances énergétiques et devient le matériau incontournable des réflexions portant sur le durable. L'étude des centre anciens construit enterre ont révéle les qualités du matériau sur le plan technique et des ambiances que procurent la terre. « heureuse alliance de l'imagination de peuple et de exigence de paysage et s exprimant a travers tout sort avec des forme et décoration »fathy 1970 la terre n'est plus destiné qu'a l'architecture vernaculaire mais c'est aussi une architecture construite pour la riche bourgeoisie ainsi que des équipements urbains exp l'école élémentaire de Saint-Germé (32) est en ossature bois avec des cloisons intérieures en briques de terre crue.(flores lab)

Ce matériau est disponible dans la nature, il retourne en fin de vie à la nature, c'est une matière recyclable et ne consomme pas trop d'énergie, « son bilan énergétique est faible : les procédés ne nécessitent pas d'apport de chaleur, contrairement au béton par exemple “ (flores lab). La terre est moins cher par rapport d'autre matériaux, qui plus est disponible, durabilité et fiable dans sa composition. On qualifie le terre de matériau « biosourcé » ce qui signifie

La terre est prénommée également « béton naturel », elle offre un confort et une sécurité de l'habitat "Elle est utilisée dans la construction pour la protection antisismique au Japon et en Amérique du Sud sur des ossatures souple de bois, bambou ou métal. " (Asterre: association des professionnels de la terre crue).

La terre pour ces qualités est réintroduite dans bon nombre de projets, ces dernières années, elle réduit les couts de réalisation et demeure un matériau qui offre une excellente inertie thermique et régule l'humidité.

C'est aussi a travers des projets de réhabilitation est de restauration que l'on tente a travers le monde de se réapproprier cette matière, de former la main d'œuvre de la qualifié et récupérer ce savoir faire ancestral, pour le réadapter aux demandes actuelles

« inspirés par les bâtiments du patrimoine de leur région, des associations ou institutions ont exploré les possibilités de relancer la construction en terre comme un moyen de répondre à cette volonté pressante de construire écologique pour la nature et pour l'homme"(Asterre)

la création d'ateliers liés a la pratique de la terre, permet a des population de zones déshéritées d'avoir un moyen de s'auto suffire économiquement et en absorber le chômage en créant une main d'œuvre plus qualifie qui enrichie le marché local. d'un autre coté l'architecture de terre joue un rôle d'équilibrage des populations, entre les zones rurales et les zones urbaines, et coupe la phénomène de immigration vers les grands ville.

L'innovation permet de modifier et d'améliorer ce matériau, de répondre a de plus grandes exigences pour le bâti. La matière est étudiée et se veut plus performante.

I.4. CARACTÉRISTIQUES ET TECHNIQUES DE CONSTRUCTION EN TERRE (VARIANTES)

On distingue la spécificité de la bâtis en terre, que revient de la manière de traité la terre, et la technique de mise en œuvre ,et donne un aspect de mode de vie ,et la culture, en généralement on a classe selon (jeanet 1997) sur un répertoire de trois grand titre divise entièrement en 12 procèdes :

-Les murs appareille (brique de terre crue et adobe)

-Les murs monolithique pise et bouge

- les murs mixtes paille torchis

Dans des douze procèdes on distingue centaine variantes se représentant Terre :

-creuse (terre creuse

–couvre (terre couvre

-remplir(terre remplissant)

-coupe(mottes de terre)-bloc découpée

-Comprimée (bloc comprime-et bloc pilonnes –terre comprime

- façonnier (terre façonné)
- empile (terre empilé)
- mouler (adobe mécanique –adobe forme –adobe manuelle)
- extruder (terre extrudé)
- coule (terre coule)
- former (terre paille)
- Garnier (terre garnissage)-bouge sur poteau représentant sur des palais et temple

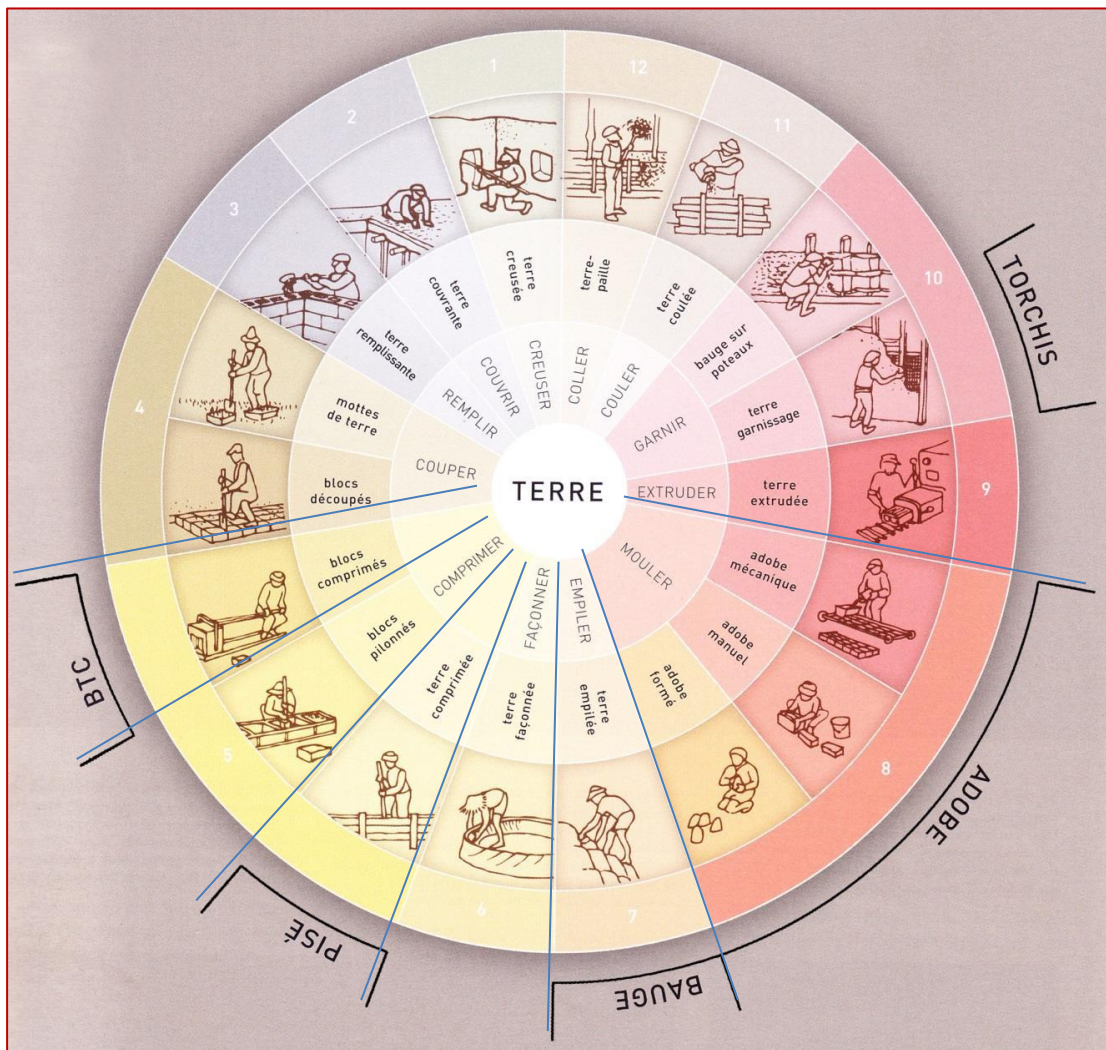


Figure 2: les modes d'utilisation de la terre Hugo Houben, hubert guillauded.parenthèses.craterre-Ensag-

-Utilisation de terre comme un mortier de construction et une liaison entre les parois sèche de pierre ou d'autre matière.

La terre a conquis un champ dans l'architecture contemporaine, certaines des bâtiments d'une exceptionnelle qualité esthétique et technique, qui émergent éveillent l'intérêt des professions. qu'ils soient habitat ou équipements, bâtiments d'activités ou aménagement intérieur et extérieur. La plasticité qu'elle permet, les nuances de couleurs selon la provenance, les différentes textures, en plus d'une facilité de construction.

Elle allie simplicité et technique selon différents systèmes d'agencement et d'appareillage. Murs ou voutes ou plancher, cloisons et agencement ou rangement, escalier ou cheminé. des prix sont décernés aux projets d'architecture contemporaine en terre crue, réalisés en bloc de terre, pisé, torchis et adobe, ces exemple issue des cinq contient incitent a redécouvrir le matériau.

On peut résumer les techniques suivantes :

- Terre comprimée** : se sont des configuration ou forme qui obtient par coffrage ou des moule
- Terre faonner** pour dresse les murs mince par terre plastique
- Terre moulé** la terre qui moule a la main par moule
- Terre extruder** terre extruder en use des appareille puissante
- Terre découpée** en découpant la terre sur le sol en place
- Terre remplissant** en utilisant a remplir les vide de matière creux comme un enveloppe
- Terre recouvrant** terre recouvre un élément structural défèrent
- Terre creusé** on se remarquant sur habitat troglodyte

I.4.1. Description défèrent techniques de construction

❖ Pisé

le pisé est un des techniques de construction de terre, en compactant la terre granuleuse et argileuse avec plusieurs couches successive à l'aide d'un coffrage en bois qu'on appelle banche, sous forme de couche supportant la suivante. La réalisation de cette construction nécessite un soubassement en maçonnerie de gros moellon ou de galets et chaux ce qui augmente sa hauteur de 50 à 80 cm. Cela permet un rôle de renforcement du mur de pisé contre l'influence de l'eau et les remontées capillaires, on ajoute par la suite de l'enduit au final qui préserve l'habitation une fois le mur sec, un couvert d'enduit au mortier de sable et de chaux . L'exposition de paroi de murs de pise aux intempéries et l'élément extérieurs nécessite une toitures de protection ou un renforcement de mur avec des matières plus solide.

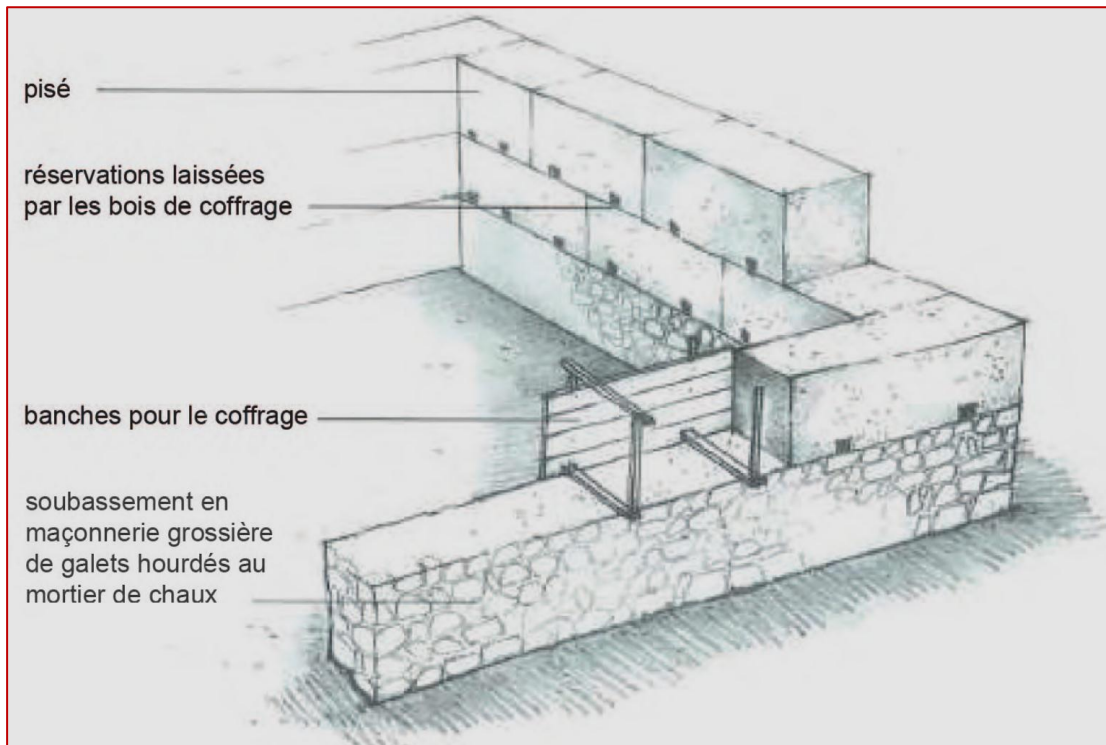


Figure 3: la technique de construction de pisé

On utilisant la terre dans la mise en œuvre un peut séché dans un sous forme horizontale par des blocs qui environ au longue a 3 a 4 mètre et 60 de haut et un épaisseur de 50 cm ,a l'intérieur de banche de coffrage se présente deux a trois homme a l'aide de pésoir de bois en collé de manière constante. Chaque dix jours, on laisse la terre sécher, après on continu le travail de chantier ainsi jusqu'à la fin du mois ,la mise en œuvre de pise laisse la variante de la territoire , dans la vallée de tarn en France on distingue un pisé par couche filante et les banche de coffrage commencent a partir du sol, le mur ne contient aucun joins. D'autre cas au sud a lastarac et magnoac on met les banches tous les 3 a 4m a l'aide de joins d'assemblage et le calcul de hauteur se fait par le repère des orifices.

❖ Torchis

Le torchis est un technique de construction qui mélange de terre avec des fibres végétales ou la paille, c'est un hourdage de soutien avec un façonnage, c'est un matériau de remplissage non porteur. Utilisé notamment pour les plafonds.

Le torchis peut être façonné de différentes manière, le plaquage ou en boules plaquées, il recouvre des éléments de structures légères tel des lattes.



Figure 4: technique de construction de torchis



Figure 5: Préparation de la terre-paille

❖ L'adobe ou Tobe

L'adobe est un mélange d'argile avec de l'eau en ajoutant un peu de quantité de paille ou un matière de liaison, pour former des briques séchées au soleil.

Selon craterre son origine est arabe de méditerranée. Les proportion favorable sont de 55% a 75% de sable et de 10% a 28% de limon et de 15 a 18% de l'argile et 0 a 3% de matière organique.

La forme de l'adobe peut être configurée selon plusieurs formes, tel que demi sphère au conique ou parallélépipède.



Figure 7 : Maison construit en adobe du Nouveau-Mexique, aux É.-U. Tiré de Minke (2006).

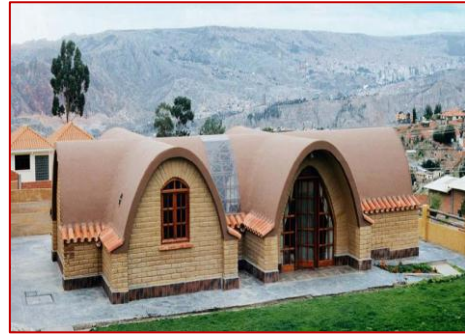


Figure 6 : Le toit et les murs de ces maisons sont fabriqués en adobe et adaptés d'un style traditionnel de Bolivie. Tiré de Minke (2006).

❖ La terre paille

C'est un mélange de terre et de paille utilisé en remplissage des murs, comme isolant écologique, avec une simplicité de mise en œuvre pour obtenir des cloisons ou murs elle permet des avantages thermique et isolation phonique. C'est un mélange d'eau avec de l'argile de terre jusqu'à atteindre une barbotine homogène ensuite la mélanger avec de la paille en vrac et constituer le mur le séchage prend des semaines

❖ La terre compacte BTC

Le BTC est une abréviation de bloc de terre comprimé, cette technique se base sur la compression dynamique de terre associant un mélange de chaux, de ciment ou même de bitume à différents types de terre. La terre étant compactée dans des moules prévus à cet effet.



Figure 8: La construction en BTC à Mayotte

Façonnage

Cette technique ancestrale, toujours fréquemment utilisée, la terre se façonne de la même façon que pour la poterie sans outils.

I.4.2. Synthèse

L'utilisation de la terre est grandement répandue dans le monde et sa mise en œuvre est liée à la nature des éléments construits, elle peut être porteuse, de remplissage ou simple enduit. C'est une matière qui se prête à divers usages en bâtiment, façonner pour répondre à des besoins. Une architecture qui se veut écologique et économique cette dernière ne nécessite pas de très gros moyens. C'est une architecture qui reste à la portée de tous. L'utilisation de la terre assure un confort et un esthétisme qui se reflète dans les diverses cultures et traditions de l'art de bâtir avec cette matière.

I.5. PRÉSENTATION DES CAS D'EXEMPLES À TRAVERS LE MONDE

Le monde qui vit dans un milieu qui dépend de la contemporaine, en utilisant des outils plus rentable et efficace, en gagnant le possible de temps de bâtir pour le bâtir ,qui manque à l'architecture de terre et local qui pourrait répondre les besoins de logements à travers ces avantages, certains pays lancent des programmes d'interprétation par des normes de revalorisation ,en marque un village comme la Mayotte peuvent également être cités pour la réalisation de logements sociaux en BTC dans les années 1980 suite à la mise en place d'une filière terre : plus d'une vingtaine de briqueteries ont été créées afin de promouvoir les matériaux locaux et en 20 ans, plus de 15000 bâtiments ont vu le jour. On y retrouve aussi bien des logements que des équipements collectifs qui ont tous rapidement ravi la population locale .

Cela a été possible grâce à l'association d'artisanats, et de centres de formation et d'organismes professionnels (Anger & Fontaine, 2009)

-On se présente de ce partie des exemples, les premières sont internationales en Amérique du sud, Europe, Afrique qui représentent l'utilisation de terre comme un mortier de liaison avec la pierre, et le deuxième c'est à Koudougou en Burkina-Faso, le troisième est local en Algérie de village itchire en Kabylie

I.5.1. Exemples d'utilisation de terre comme mortier dans la maçonnerie en pierre :

1.5.1.1. Les ruines de loropéni a burkina faso :

C'est un grand mur d'enceinte de hauteur jusqu'à 6 mètres avec quadrangulaire de 106,105 mètres qui protégé une édification aujourd'hui en ruine, les murs sont construits en maçonnerie en pierre type moellon avec un mortier de terre et quelques endroits en bauge bien conservée de hauteur atteignant 60cm.

Un revêtement sur les murs réalisé par un enduit en terre, jusqu'à 5 couches successives à l'intérieur comme l'extérieur.

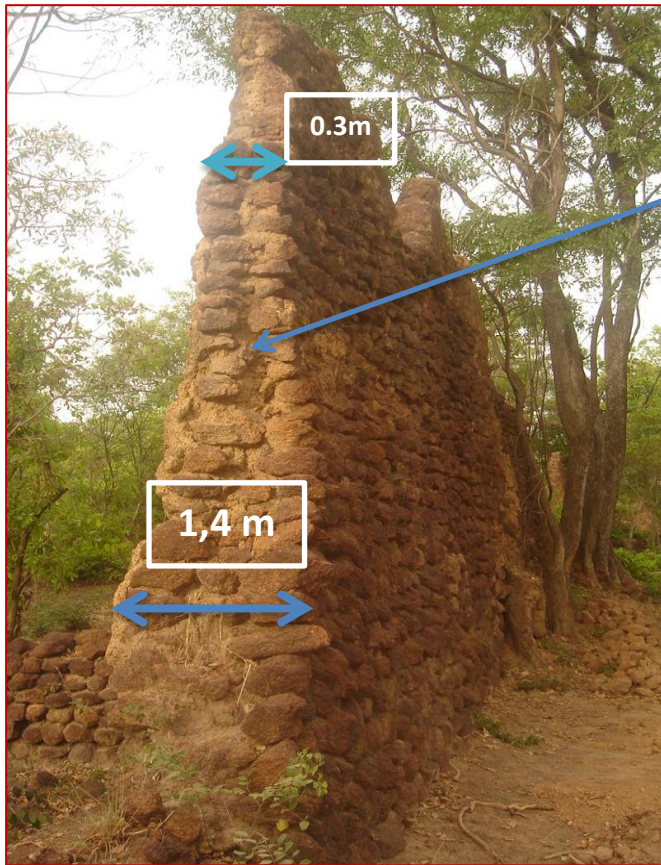


Figure 9 : vue sur Plan de mur d'enceinte qui protégé l'établissement.



Figure 10 : Détails sur le parfait alignement des pierres. Les bâtisseurs voulurent la muraille droite et lisse.

"Loropéni est l'exemple le mieux préservé d'un type d'établissement fortifié dans une vaste région de l'Afrique de l'Ouest, associé à la tradition de l'extraction de l'or, qui semble avoir persisté pendant au moins sept siècles. tant donné sa taille et sa portée, Loropéni reflète un type de structures assez différent des villes fortifiées de l'actuel Nigeria, ou des villes du haut Niger qui s'épanouirent dans les empires du Ghana, du Mali et Songhaï. Elles peuvent donc être considérées comme un témoignage exceptionnel d'un type d'établissement généré par le commerce de l'or." -source cratere-



Mortier en terre

Figure 11 : Épaisseur à sa base de 1,40 m environ, se réduisant progressivement vers le haut qui a une épaisseur mesurant 25 à 30 cm. (Photo L. Simporé)

I.5.1.2. Parc national de messa verde

Les constructions dans L'habitation de "MESSA VERDE" ont été réalisés avec des matériaux locaux : les pierres la falaise, la terre de la plaine et le bois des forets mitoyenne,

L'utilisation de la terre se fait comme mortier de liaison entre la pierre des murs et sert également d'enduit.

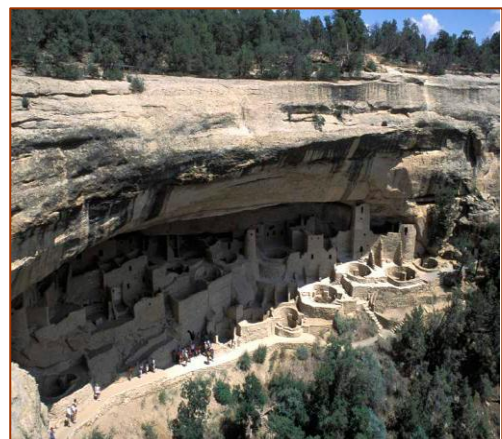


Figure 13: PARC NATIONALE D MESA VERDE-bastien Moriset-CRAterre

Figure 12: PARC NATIONALE D MESA VERDE Thierry Joffroy, - CRAterre

1.5.1.3. Centre historique de Morelia

La région de "MORELIA "est caractérisée par la pierre rose introduite dans la construction des murs de ses bâtiments. La terre crue joue un rôle de mortier représente aussi de forme bauge ou adobe



Figure 14: vue de la ville de Morelia, Mexique



Figure 15: Ville de Morelia- Hector Sanchez

1.5.1.4. Quartier historique de la ville de Colonia del Sacramento

Les constructions de Colonia" Del sacramento» sont des édifices de RDC plus un niveau avec structure en pierre ou brique de terre cuite dans les murs, qui rappelle les périodes coloniale espagnoles et portugaises. La terre crue est utilisée comme mortier ou enduit.

La ville est fondé en 1690, était un place importante de l'empire espagnol, cette ville est une fusion entre le style postcoloniale, espagnole et portugais.



Figure 16: ville de colonia Del sacramento -pablo viojo-



Figure 17: ville de colonia del sacramento -pablo viojo-

I.5.2. Étude technique et opérationnelle sur la ville de Koudougou en Burkina Faso

La ville de Koudougou lance des travaux d'aménagement en 1990 avec la coopération suisse pour des programmes d'investissements sur le secteur de la construction afin de booster l'économie. Un programme qui concerne la promotion et la protection du style local et les matériaux de construction traditionnels

améliorer et promouvoir l'utilisation des matériaux locaux un travail qui se fait avec la participation des populations locales afin de résoudre les problèmes de logement ainsi suivre la politique de décentralisation de l'immobilier dans tout le territoire .

Koudougou est la 3ème ville du Burkina Faso avec près de 90 000 habitants. D'une superficie de 272 km², elle est située à une centaine de kilomètres à l'Ouest de Ouagadougou. Les politiques étaient axées sur le programme stratégique dit de « Promotion des Dix Villes Moyennes » (PDVM) du pays, afin d'atténuer l'exode rural vers ces deux pôles urbains majeurs. Le contenu de ce programme de développement est fondé sur quatre grands points :

- Infrastructures urbaines**
- gestion et planification urbaines**
- lotissements et logements**
- petites et moyennes entreprises.**
- utilise moyen et petit entreprise**
- lotir le terrien et bâtis**
- édifie un programme urbain d'infrastructure**
- Diriger et organiser les projets urbain**

La culture constructive reflète l'identité culturelle de ce peuple et met en avant un savoir faire et des techniques de constructions parfaitement intégré avec le lieu de vie. La ville de Koudougou est construite avec des matériaux fournis localement, plus particulièrement la terre crue, 66%. Le model le plus fréquent est l'adobe ou brique de terre crue moulée.

Il s'agit de maintenir un bâtis plus ancien hérité, représentant un riche patrimoine avec des mosquées et palais (lallé naaba) (chef de traduction local a Ouagadougou) ainsi que ceux de la période coloniale, la cathédrale en "BLT" (bloc latéritique taillé) et le palais présidentielle qui forme un bel aspect urbain, tout en matière locale de terre .

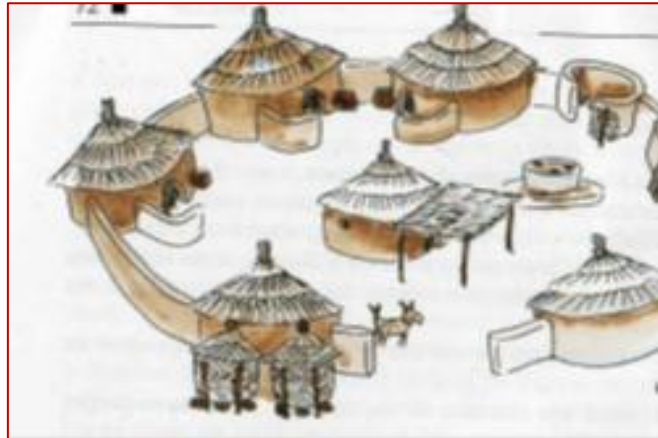


Figure 18: Mode d'habitation dans la ville a Koudougou

à Koudougou un bon investissement a été fait sur le secteur de la construction, il a ouvert le marché à la coopération et développer les entreprises. La coopération suisse élabore un schéma de restructuration pour introduire et exploiter les ressources et matériaux locaux, favorisant ainsi un essor économique de la région.

Ces efforts ont permit la formation ouvriers et maçons spécialisés en bloc de terre comprimée, essentiellement des entreprises locales et participent ainsi à la réalisation de nombreux projets d'intérêt publiques, tels écoles, locaux de la police municipale, marché, d'autre projets sont en étude.

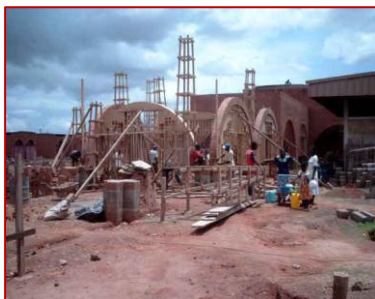


Figure 20: Grand

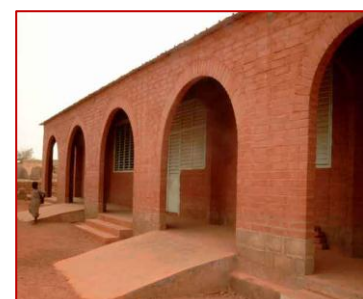
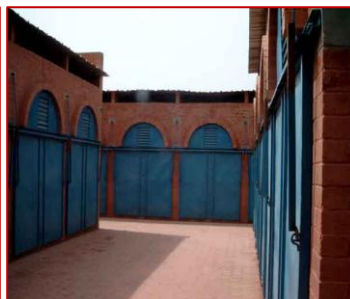


Figure 19: école primaire

Intervention des matériaux locaux dans la ville de Koudougou

❖ *Façades et coup*

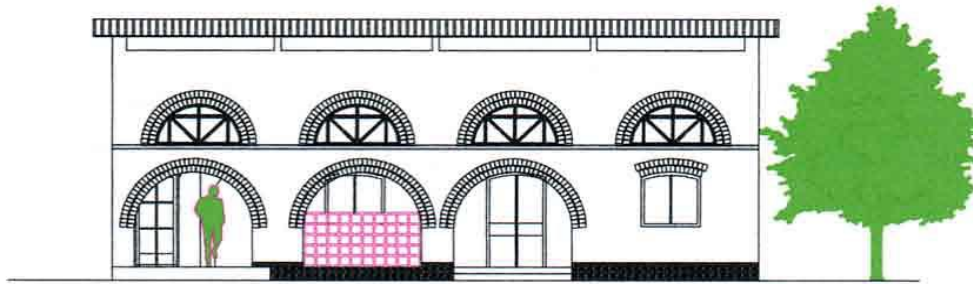


Figure 23: Façade avant –logement-

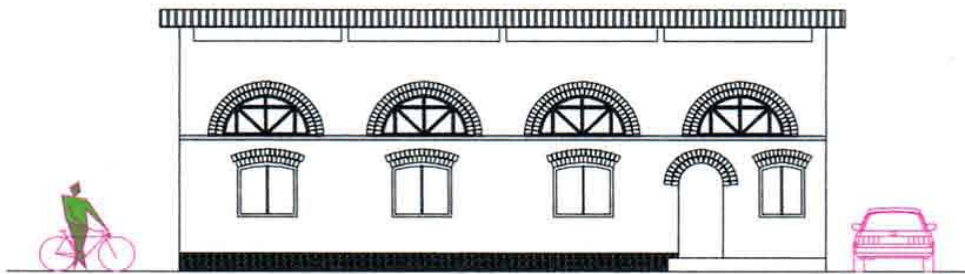


Figure 22: Façade sur Rue –logement-

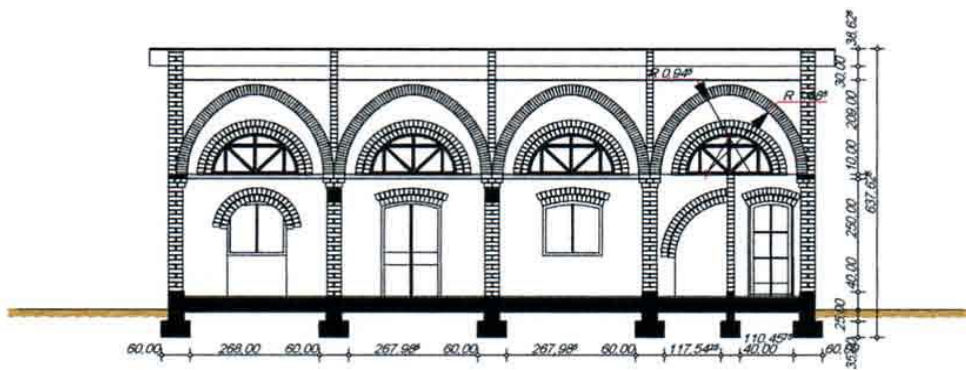


Figure 21: coupe –logement-

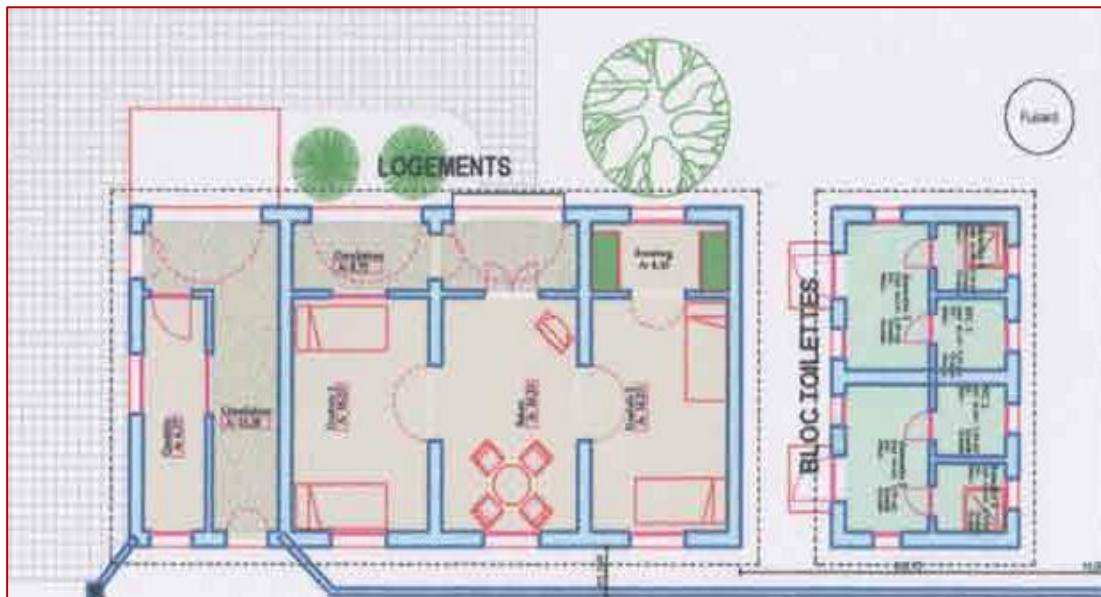


Figure 24: Plan de logement



Figure 25: bâtiment principale achevé



*Figure 26: sur chantier
(c.belinga)*

❖ *La production de l'adobe*

Pour bien produit une matière de construction de l'adobe ;

- une bonne place couverte contient un aire nécessaire de séchage pour échappé la séchage vite , qui fait des fissures sur les parois de l'adobe
 - un délai de séchage favorable
- choisis une bonne qualité de terre et déduire les carrières expérimentale



Figure 27: Production de l'adobe (c. Belinga)

❖ *Mur*

Les principes de construire des murs dans la ville, est de façon protéger les parois des murs et les façades contre les acteurs extérieurs

Soutenir les façades NORD ET EST des maisons par un passée de toiture

-utilise la matière de enduit en terre chaux résistant e respirant pour soutenir les façades Est et Nord

-intègre sur le haut de mur en terre avec un matière équivalente

-en utilise un enduit provisoire renouvelé chaque période hiver pour soutenir les murs Nord et Est

I.5.3. Exemple locale en kabyle sur village "ait itchir "a tizi ouzou :

I.5.3.1. Le style traditionnelle de bâtis Kabylie :

La ville que nous avons étudiée est une ville kabyle, limitée au nord par la mer méditerranéenne et au sud par les hauts plateaux sur les hautes montagnes. L'aspect majeur des constructions est l'utilisation de la terre selon la technique du pisé, qui se distingue dans tout le village de Ait itchire

On considère que le maison kabyle est identique sur tout ce territoire, avec des dimensions de 6.5m longueur et 4m largeur et 3 et 3.5m de hauteur. La forme de maison est rectangulaire. Dans les anciennes maisons une partie était réservée au gens une autre aux animaux, donc l'occupation de la superficie de bâtis se divise en deux parties, pour les gens 33% et autre pour les animaux 66% avec une sous pente au dessus .

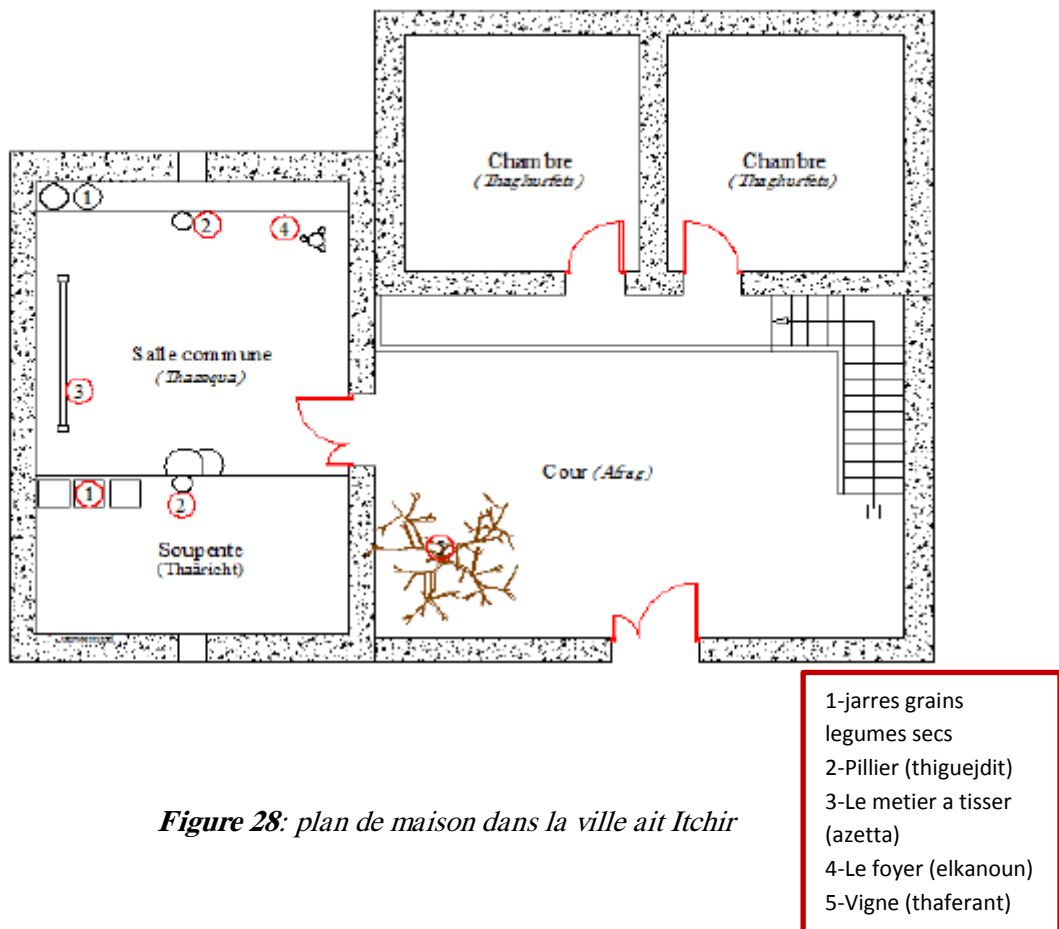


Figure 28: plan de maison dans la ville ait Itchir

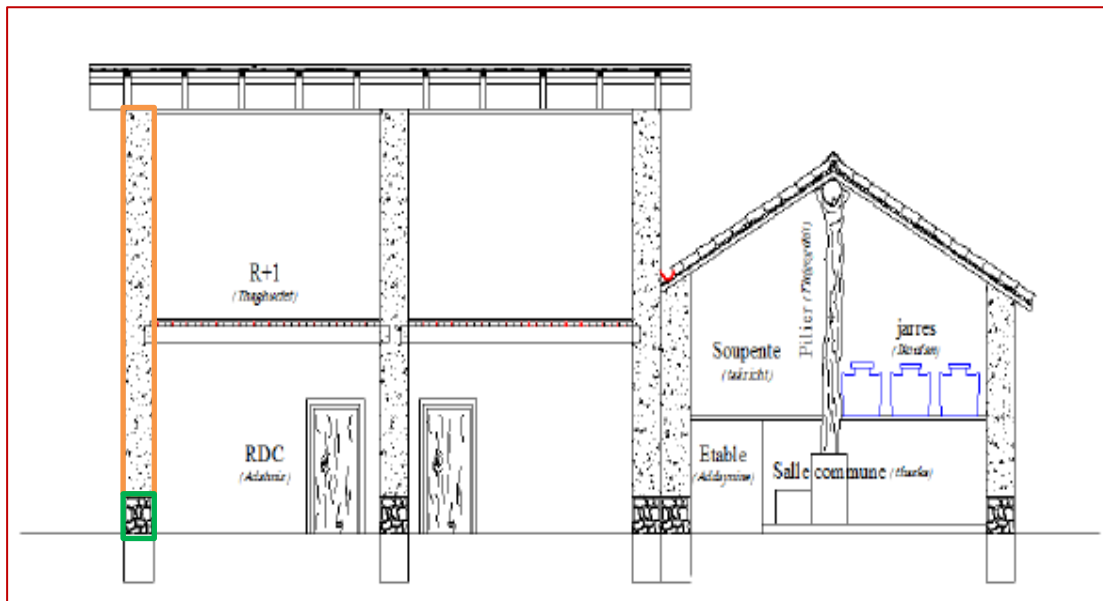


Figure 29 : coupe sur une maison dans la ville ait itchir

1.5.3.2. Murs

La réalisation des murs se fait essentiellement de mai à octobre le temps de précipitation de pluie et la présence de soleil pour le séchage de la terre. Un maçon compétent travaille la terre et deux manœuvres sont chargés de la réalisation, l'un pour le pisé et l'autre dans le montage du coffrage de bois.

La première étape est la préparation du coffrage en continuité des fondations. Ce sont deux planches de coffrage qui percées de 4 trous permettent de fixer ce dernier et régler l'épaisseur du mur de pise, puis on coule le mortier de terre sur les moules prêts, on tasse à l'aide d'une Dammé de bois. On effectue le démontage du coffrage chaque fois que cela est nécessaire pour mettre nouveau moule de bloc à construire. il faut un temps de séchage de 10 à 15 jours à respecté avant de remettre les planches. Les travaux de finition et revêtement de mur se font par l'enduit de chaux.

Les matériaux restent brut et aucun effort n'est fait aujourd'hui pour l'améliorer, en ajoutant des additifs qui augmenteraient sa rentabilité acoustique ou esthétique ou pour éliminer les pathologies remarquables au niveau des murs, comme les fissures, la fragilité et la sensibilité à l'eau. Cette technique voit peu d'adeptes de nos jours et le savoir faire se perd. Par manque d'une stratégie de développement de cette architecture.

1.5.3.3. Résumé

L'expérience de la village kabyle relevé type local qui revient a la vocation de ces zone rural de type agricole ,qui plutôt voir l'aspect fonctionnel et organisationnelle en abandon peut a peut l'évolution de savoir faire a travers défèrent période ,dans un ordre que utilisant le coffrage métallique qui adapte pas avec ces tradition ,la technique on a influe de cote psychologique telle que la volonté de suivre la modernité et les pays développé et autre de touche le passé coloniale qui recherche de d'oublier ces périodes

Par rapport d'autre expérience étranger en remarquent que en ne fait pas le succès qu'il le village ne pas un solliciter de cote technique ou de réalisation ou de la volonté humaine

Les matériaux reste brut et ne fait pas des efforts de bien élaboré des additifs convenable qui augmentent ça rentabilité acoustique ou esthétique économique ,ou pour éliminer les pathologies remarquable au niveau des murs comme les fissures et la fragilité et sensibilité de Léau pluviale

-la négligence de la technique locale et savoir faire et reste non exploité par les mains d'œuvre
-manque un stratégie de partenariat et utilisation des nouveaux outils et machine

I.6. ENTRETIEN ET CONSERVATION

La terre comparée à d'autres matériaux utilisés dans l'architecture peut facilement se désagréger et perdre de sa consistance. Les bâtiments en terre demande un entretien régulier et constant, c'est la fragilité de cette architecture car s'il est soumis aux intempéries et à des facteurs de détériorations, le bâtiment de terre va perdre sa structure et tomber en ruine. Il faut penser à préserver les murs ou tous constituants de terre, des causes qui pourraient le dégrader ou l'endommager.

Certains des bâtiments présentent des pathologies. Il s'agit de comprendre quelles sont les bonnes pratiques d'entretien d'un bâti en terre. Si l'on veut que ce dernier dure et se maintienne.

En règle générale, les pathologies observées sur le bâti en terre crue sont le résultat d'une accumulation de causes dont principalement deux facteurs : le facteur naturel et le facteur humain. Elles sont l'effet visible d'un lent et complexe processus de dégradations, qu'il faut analyser avant de pouvoir en trouver la cause première, et enfin trouver la solution adaptée. Les facteurs naturels représentent une part minime des pathologies car si la construction a été réalisée dans les règles de l'art énoncées plus haut, et que le patrimoine bâti a été bien entretenu et conservé au cours des générations, les bâtis en terre ont une durée de vie qui peut aller sur des siècles.

La terre étant disponible l'entretien va de soi car la réparation ou la réfection d'un mur ne nécessite pas autre chose que la terre elle même et un savoir faire. C'est un matériau durable et également recyclable la matière se récupère et peut être réutilisée.

L'architecture de terre est soumise aux aléas climatique, s'il elle ne bénéficie pas d'une réelle protection et d'une mise en œuvre correcte, cela va réduire sa solidité et sa cohésion . L'eau étant le principal facteur par l'infiltration, le ruissèlement ou l'écoulement important d'eau. D'autre facteurs sont à considérés tel les changements climatiques importants, les vents violents, les séismes. Il est évident que hormis ces causes dégradations et les conséquences qu'il s'en suit, l'action de l'homme est primordiale car sans entretien régulier ou dans le cas extrême celui de l'abandon des architecture de terre, ces dernières sont vouées à disparaître et sombrer dans l'oubli.

On rencontre de nombreuses pathologies qui touchent les constructions en terre :

- petites fissures verticales ou considérables
- problème de remontée capillaire a travers la base des parois des murs
- la corrosion au niveau supérieur des murs
- apparition des mousses et champignons dans le murs
- détérioration de partie complète de mur
- des grandes traces dévastatrices verticales sur les murs

- l'écart de deux pans de murs au niveau de bout de paroi sur l'angle
- des fissures et éclatement de revêtement enduit
- endommagement des enduits et des éléments constitutifs
- possibilité de tassement



Figure 30: Effondrement d'un bout de mur en terre fermé entre un enduit ciment et des blocs de parpaing



Figure 31: Effondrement d'un mur à cause d'une toiture abîmée (poussée de la charpente et infiltration d'eau)

I.6.1. drainage de l'eau pluviale

Parmi les protections et entretiens du bâti en terre le drainage de l'eau pluviale

Cette opération de drainage a pour objectif de conserver le bâti contre l'humidité, de manière à empêcher la stagnation et l'accumulation de l'eau. Le travail doit être effectué au début pour écarter tous risques de déstabilisation du bâti. La technique veut qu'on place un drain au niveau de la fondation, afin de diriger l'eau et l'évacuer.

Il faut vérifier que la hauteur du sol extérieur qui doit être plus basse que celle de l'intérieur de la maison.

Il faut dans le cas nécessaire, niveler le terrain extérieur pour créer une pente considérable à partir du pied du mur vers le bas, puis excaver une rigole au point le plus bas à une distance, calculée entre 0.5m à 1.5m pour bien drainer le sol.

On place du concassage roulé lavé sur la fouille de drainage, isolé de la terre, avec un géotextile pour ne pas boucher le drain. Ceci s'effectue également pour l'eau des gouttières dans le cas de l'eau de ruissellement sur une vaste surface, le drain contient le concassage roulé lavé.



Figure 32 : Principe de drain sans géotextile Percolation de surface et de sous-sol



Figure 33 : Exemple d'une pente de drainage réalisée sur une grange à Paladru

I.6.2. Réalisation et finition de l'enduit

La terre étant un matériau qui respire, le choix de la matière de finition et revêtement doit être de la même caractéristique, les propriétés de la terre, laisse la paroi des murs respirer. L'enduit renforce le fonctionnement et la cohésion du mur et joue le rôle d'isolation thermique. Il absorbe l'humidité de l'air et renvoi l'air chaud. Son épaisseur est de 10 cm en fonction du nombre de couche, il favorise l'inertie des matériaux terre de manière à régler le conditionnement d'air favorable, selon les changements climatique et les différences de températures qui interviennent avec le temps



Couche d'accroche fibrée



Couche de corps



Couche de finition

Figure 34: la réalisation des couches d'enduit

I.6.3. Réparation des fissures verticales

Les fissures dans le mur sont le phénomène le plus répandu, il y a des fissures sur paroi a cause d'infiltration d'eau ou de ruissèlement. les fissures résultent également de troubles au niveau des structures tel des surcharges concentrées .

Pour résoudre ces dégâts la première étape est l'analyse et l'observation des murs, puis on pose un plâtre sur la fissure et suivre la progression jusqu'à la fracture ou non. Il faut observer l'évolution de la fissure par la pose d'un témoin.

S'il s'agit d'un cas de petites fissures, il faut colmater avec de la terre humide tassée.

Dans le cas de fissures importantes qui risquent de provoquer des désordres graves dans la structure du bâtis, il faut stabiliser premièrement l'élément et renforcer la paroi et reboucher les fissures, en utilisant un morceau de bois en le glissant à l'intérieur de la structure, et répartir les charges.

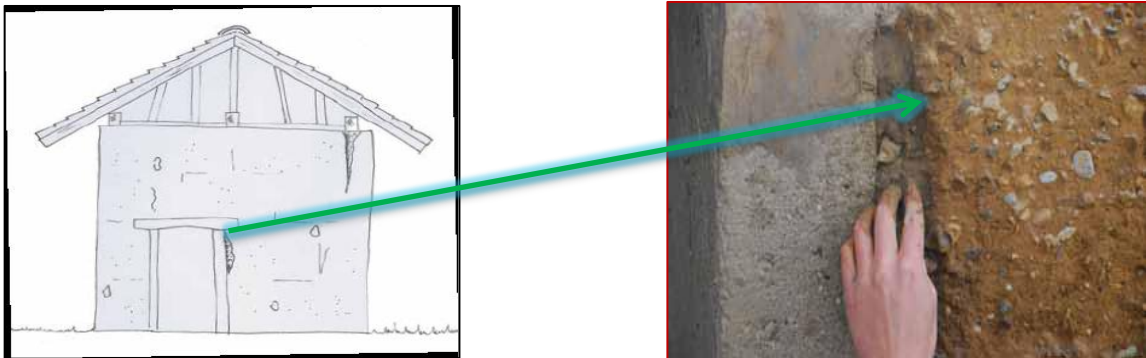


Figure 35 : Exemple de rebouchage d'une mini-fissure comblée

Chapitre II :
Cas d'étude - le ksar
Adjahil à Djanet-

II.1. PRÉSENTATION DE KSAR ADJAHIL

Djanet se situe dans le tassili N'Ajjer c'est un immense plateau gréseux nord-est du Hoggar dans la partie orientale du massif central Saharien. Le Tassili, situé dans le grand désert, représente 12% du territoire national, a une distance de 2000 kms des cotes de la mer de méditerranée.

Compris entre 52° et 10.50° de longitude et entre 28°.30 et 21° de latitude nord. On trouve le plateau de Tinghertau au nord et l'Ahaggat à l'Ouest, l'erg de Marzouk et le Hamade Elharnra à l'est, le plateau Djado au sud, d'une surface de 80000 m² de massif cristallin avec 700km de longueur et 100 à 200km de largeur.

La morphologie de tassili Ajjer est la combinaison des différents phénomènes naturels tels, l'érosion, la glaciation, les volcans et la sédimentation fluviale

Cet endroit est considéré comme un musée néolithique à ciel ouvert par la présence de gravures rupestres. Le site fut inscrit sur la liste du patrimoine mondiale de Unesco dans les années quatre-vingt. Tassili signifie "massif montagneux couronné de plateau.

La ville de Djanet est implantée dans un contexte où les éléments naturels marquent ce territoire tel les montagnes, la présence de palmeraies, des cours d'eaux et rivières.

C'est une zone qui a un long passé historique, depuis des ères très anciennes qui a vu des populations primitives vivre dans ces lieux. C'est aussi un parcours de caravane et d'échanges commerciaux déjà bien ancien.

II.1.1. L'origine de Djanet

On raconte que le nom de Djanet est en rapport avec l'oued Ajrew qui signifie de lagune de Tamashaq ou qu'il serait le mot Djenna en arabe, paradis grâce à la présence d'oasis de palmiers et arbres, dans un milieu aride.

La ville de Djanet est l'une des grandes communes de superficie 56103 km² limite :

- à l'Est : par la frontière libyenne.
- au Sud Ouest : par la wilaya de Tamanrasset.
- au Nord : par la commune d'Illizi.
- au Sud : par la frontière du Niger.

II.1.2. Situation au contexte régional

Djanet se situe à l'extrême sud du Sahara algérien, de altitude 1079 m, se localise de 24°23' d'altitude nord et 9°29' est de longitude Greenwich.

Djanet est une des communes de la wilaya d'Illizi selon le nouveau découpage administratif à distance de 420 km du chef lieu. Dans l'ancien texte juridique elle faisait

partie de la wilaya de Ouargla jusqu'à l'année 1984, c'est une zone très touristique de part les richesses, naturelles, archéologiques, historiques anthropologiques.

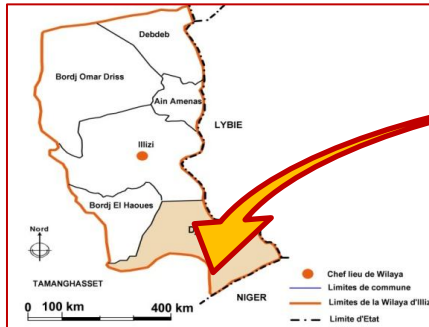


Figure 38: Carte des limites de Djanet

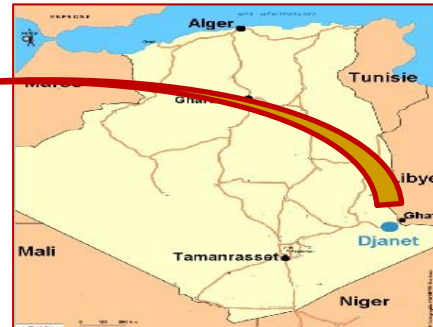


Figure 37: Situation de Djanet

Djanet offre une variété de paysages particuliers est d'une grande beauté, c'est un lieu riche en éléments minéraux.

À 2 km au nord de Djanet, on arrive à une grande nappe de millions de mètres cubes de pierre, de dépôt de basalte servant pour la construction, avec une couleur qui approche le vert olive vert marron.

Sous l'effet de l'érosion, la ville de Djanet connaît des menaces d'éboulement de ses grands blocs de granite et grès.

La région subit des crues importantes qui se produisent périodiquement et causent parfois d'importants dégâts. Ces précipitations participent également à alimenter les nappes aquifères.

Un des aspects de ce paysage particulier est la présence de dunes que le vent de sable façonne et offre un paysage unique.



Figure 39 : oued adjrew a djanet-source editeur

II.1.3. Le Climat

La ville de Djanet se caractérise par une grande sècheresse de l'air, une grande évaporation, le mouvement de vent cause une insuffisance de pluviométrie

La température moyenne annuelle est de $23,5^{\circ}$, et arrive a une moyenne minimum de $17,2^{\circ}$, et $29,5^{\circ}$ maximum .

-le taux de précipitation au mois d'aout arrive a 0 mm et c'est le mois plus sec de l'année, le mois de février le taux est de 3mm.

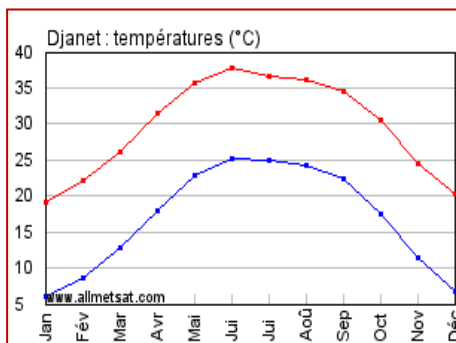


Figure 40: Courbe des températures annuelles de Djanet

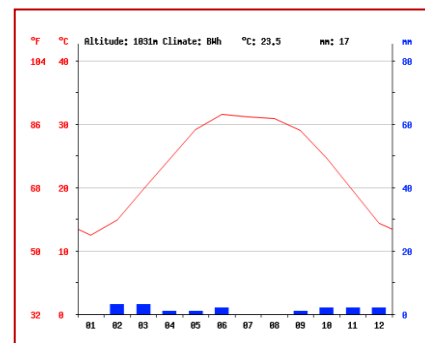


Figure 41: Diagramme climatique de la ville de Djanet

II.1.4. Morphologie du ksar

On retrouve en général les mêmes caractéristiques dans le bâti, chaque maison est organisée autour d'une cour. A quelque exception certaine maisons possède un étage, c'est ensemble de forme compact que domine la couleur terre, lié avec son environnement, la palmeraie.



Figure 42: L'horizontalité et la compacité des constructions à Taghit - source Google image -

II.1.5. Ksar Adjahil

Le ksar adjahil est situé sur la rive droite de l'oued adjrew et au sud de l'oasis, son nom est en lien avec l'histoire de la tribu de tebou (iakerdane qui a été attaquée et tous furent tués sauf deux orphelins (idjouhlien), d'autre rapportent que le nom signifie (djahel) (ignorant). Ce ksar est considéré comme le plus ancien ksar de la ville de Djanet. Le ksar possède une typologie particulière, essentiellement composé d'habitation, on distingue également la magnifique citadelle sur la ligne de crête, à laquelle est attribuée, selon la tradition locale le surnom (ghawn).

II.2. LA CONSTRUCTION EN TERRE AU KSAR

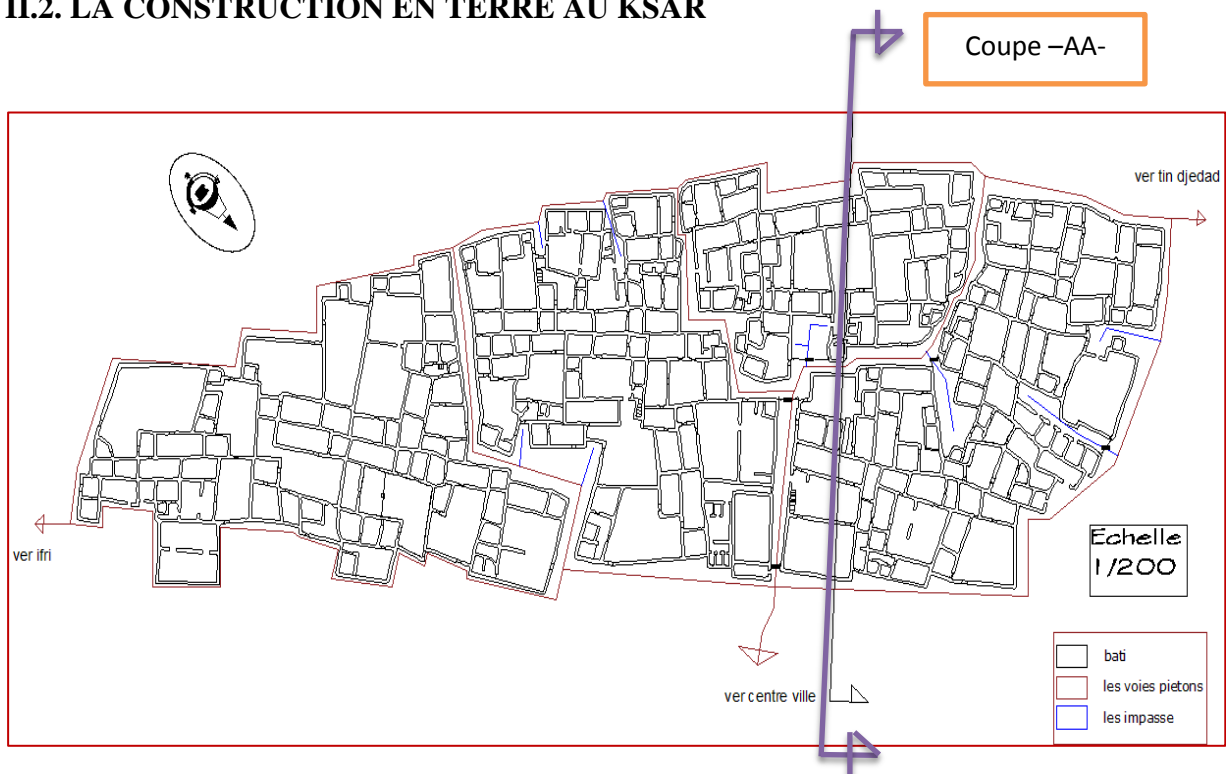


Figure 43: Plan de ksar Adjahil

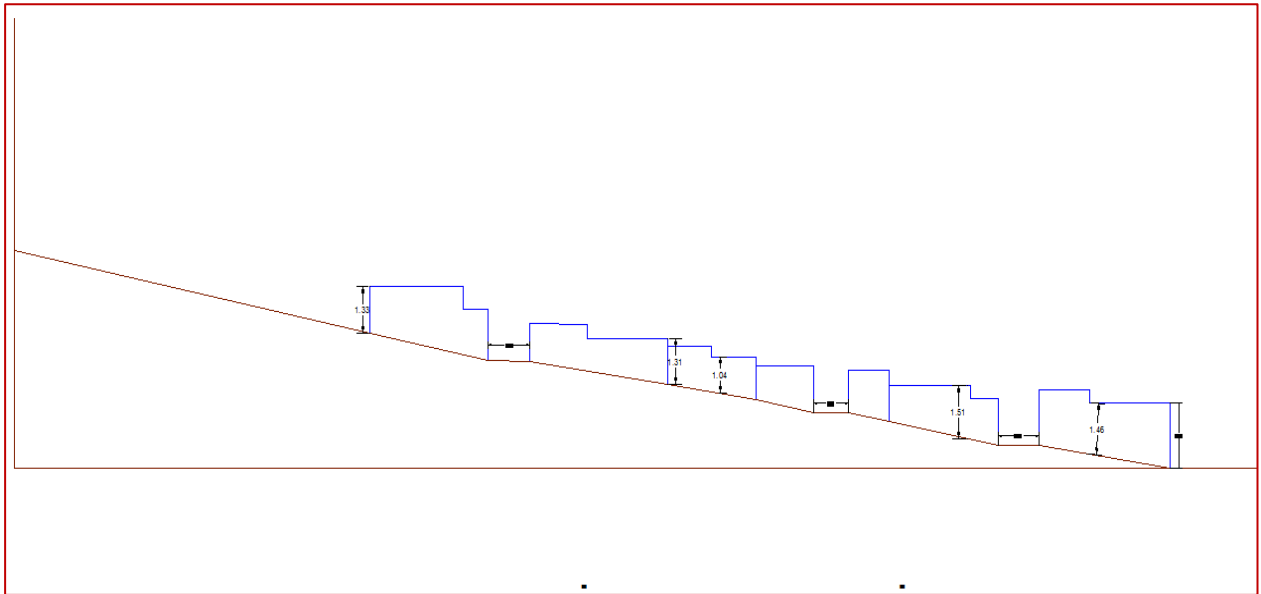


Figure 44 : Coupe schématique sur le ksar Adjahile –éditeur-

II.2.1. Typologie majeur de maison adjahil (chef de tribune)

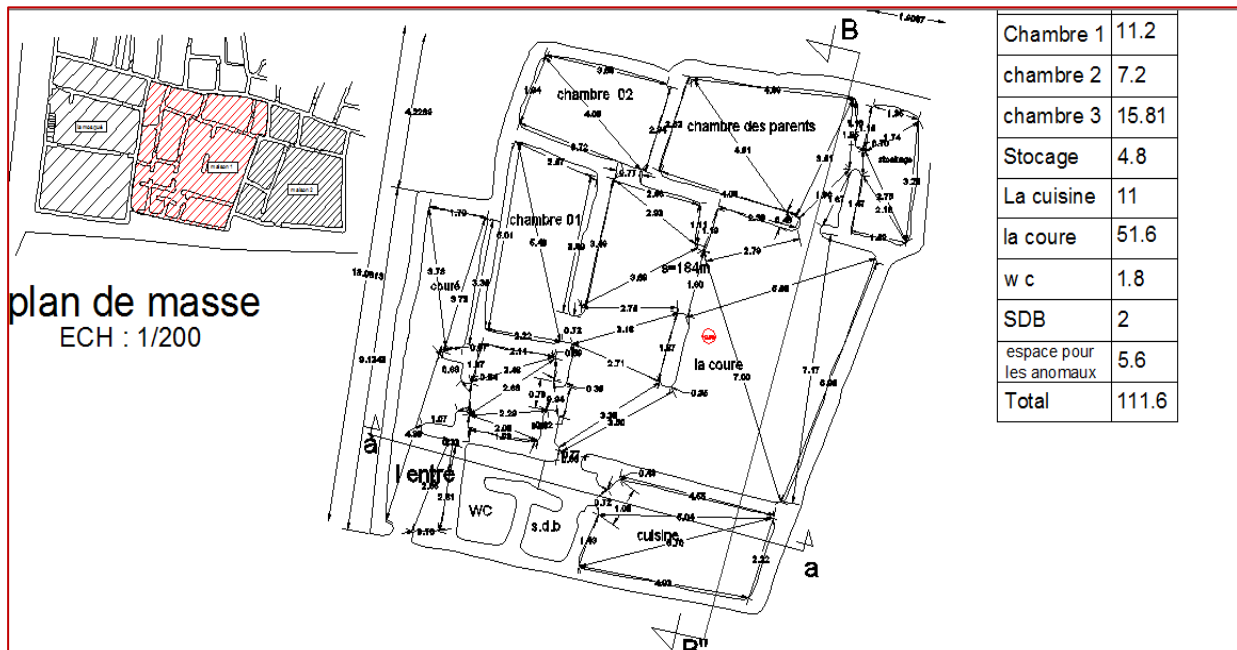


Figure 45: typologie et le programme de logement dans le ksar Adjahile-éditeur-

II.2. Les matériaux de constructions

Les matériaux de construction utilisés dans l'édification de ksour, sont tous issus du milieu environnant, on trouve essentiellement la pierre et la terre dont les mortiers en argile. La pierre constitue le matériau des murs porteurs avec une épaisseur considérable de 50 cm. Pour la toiture on utilise les troncs de palmier dans la poutraison (khashba) couvert avec un clayonnage de feuille de palmier ou (jrid) fréquent la dimension des pièce est environ de 2, 50 m ce qui correspond à la longueur d'arbre disponible qui constitué les poutres de ces bâtis .



Figure 46: les matériaux de construction dans le ksar

II.2.3. Les éléments architectoniques sur les murs

❖ Les niches

Nous avons procédé à une série de relevés d'éléments architectoniques, au ksar adjahil et nous avons remarqué que ces éléments sont riches et variés , en comparaison avec d'autres ksour. La population du ksar privilégie l'art de la décoration des façades intérieures avec des motifs travaillés.

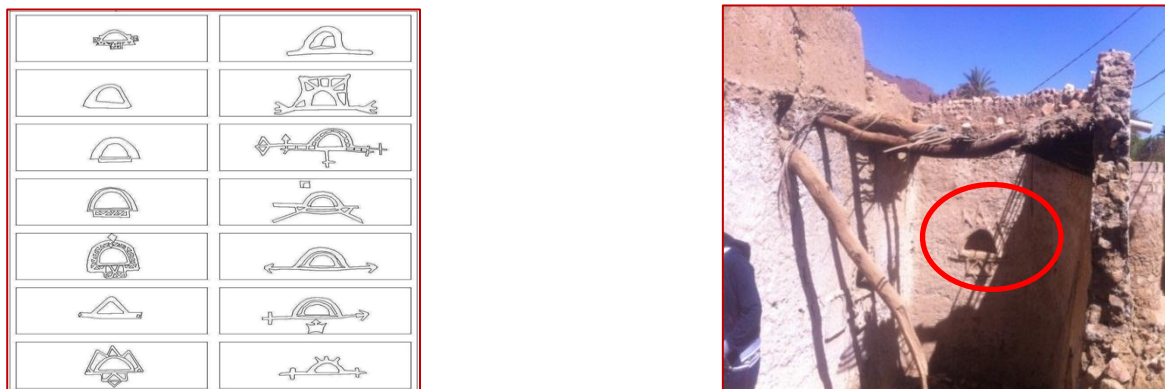


Figure 47: les éléments décoratifs dans le ksar Adjahil

Chapitre III :
ÉTAT DES LIEUX
ET CONSTATS

III.1.ÉTAT DU BÂTI ACTUEL

Les causes de l'abandon du ksar sont multiples, elles s'expliquent par la démographie croissante, la promiscuité, ainsi que le poids du milieu et de ses contraintes. L'usure du temps et les calamités naturelles ont fait le reste (inondations de 1969 et de 1970). La grave sécheresse récente a précipité la dégradation de la palmeraie, accélérant le processus d'abandon des ksour, des ventes de terres et de leur exploitation, sauvage par des techniques d'extraction qui épuisent la nappe phréatique. L'architecture de terre du ksar Adjhil rentre dans la catégorie architecture vernaculaire construite avec des matières simples et disponibles, que se soit la terre, la pierre ou le bois de palmier, une architecture intelligente qui interagit. Les phénomènes climatiques saisonniers ou annuels comme les inondations et érosions, provoquent des dégâts perceptibles sur le bâti, ces dégâts sont d'autant plus importants, quand l'usage de ces habitations se perd. Une cause en entraînant une autre, le ksar se désagrège et perd sa consistance. L'observation démontre de nombreux phénomènes provoquant l'endommagement du bâti, en diagnostiquant ces phénomènes il est possible de les identifier et d'en identifier les causes.

III.1.2. Pathologies relevées (murs)

Les structures de terres du skar Adjahil subissent des dégradation et des détériorations progressives dut a des facteurs préalablement réencées, tels les infiltrations d'eau l'endommagement des matériaux et le pourrissement des matière naturelles tel le bois de palmier. Les infiltrations causent l'effondrement des bâtisses mais le facteur principale est l'abandon du ksar par ces habitants d'ou le manque d'entretien. L'observation de l'état des lieux fait apparaître les pathologies suivantes répertoriées dans le ksar.

- Fissuration des arcs et des linteaux

-détérioration des constituants des planchers et les murs de refend

-fissuration au niveau des murs

-détérioration complète des murs provoquant la chute totale ou partiel du mur.

-corrosion des éléments en bois sur linteaux et plancher

-Décollement partiel des revêtements de terre, des enduits.

-Dégradation de la peinture de tabareq

- Apparition de fissures sur les corniches, bandeaux, acrotères et tous les éléments décoratifs des façades.

-Décollement d'enduit sur certains endroits de la façade.



Figure 48: les pathologies rencontrées dans le ksar Adjahile



Figure 49: les pathologies rencontrées dans le ksar Adjahile

III.2. CAUSE DE DÉGRADATION ET L'ABONDANT

3.2.1. Le ksar entre abandon mutations et carence

En pénétrant dans les ksour, on prend conscience de la précarité des oasis, quand on observe les vieux noyaux qui étouffent, se dégradent et se défigurent et où il est difficile d'y vivre.

La population déserte le lieu de nombreuses maisons sont déjà vides, d'autres sont en voie de l'être vu l'état de dégradation, d'autres encore ont été totalement transformées après densification.



Figure 50 : L'abondant des habitations de ksar

La crise économique de la ville et la recherche de la modernité va faire disparaître ce modèle traditionnel car aucune action sociale ne prend en charge cela qu'il s'agisse de sensibilisation de reconstruction ou d'initiative de redécouverte des anciennes techniques sachant que le savoir faire se perd. L'introduction de nouvelles techniques dans le respect des anciennes sachant que l'architecture de terre et en voie de promotion à l'heure actuelle.

Le ksar Adjahil est bon exemple de village écologique et durable qui répond aux exigences de l'habitat saharien,

Autres causes, la défaillance du facteur inventaire, carence des différentes parties sociales, de qualification qu'il soient usagers, architectes ou ingénieurs spécialistes en patrimoine, le manque d'ateliers artisanaux et de la mains d'œuvre qualifiée.

III.2.2. Les causes climatiques

Ces dernières années, l'Afrique de l'Ouest et Centrale a connu une augmentation croissante des inondations, entraînant des dommages de plus en plus fréquents sur l'habitat et les biens des populations locales, augmentant ainsi davantage leur vulnérabilité.

Ces constructions sont vulnérables aux inondations c'est une des caractéristiques propre à ces bâtis, les dommages les plus visibles dans le cas d'Adjahil, nous font remonter au problème des inondations de 1968-1970.

La situation du ksar, près d'oued Adjrew, qui est considérée comme une rivière à crue, accentue le problème, même si l'implantation de ksar est élevée considérablement par rapport au lit de l'oued Adjrew. Mais les niveaux des crues augmentent aussi. La rapidité des courants qui tendent à tout emporter

Le mortier d'argile est désagrégé à cause des pluies saisonnières et progressivement fait apparaître la paroi de pierre mettant à nu le mur.

Les murs dans la ksar Adjahil sont exposés ainsi durant des années aux conditions naturelles, ils finissent par perdre leurs caractéristiques et fonctions.

La terre joue un rôle de liant entre les matières sèches, et sa dégradation menace la détérioration des murs, l'eau qui s'infiltre dans l'argile par l'érosion sous l'action des eaux de ruissellement, la dégradation chimique fait perdre à la matière ses propriétés.



Figure 51: l'inondation sur le site de ksar djahil

III.3. POUR UNE MEILLEUR CONNAISSANCE DE PROCESSUS DE CONSTRUCTION DES MURS AU KSAR –ADJAHIL-

La mise en œuvre des constructions de mur porteur se caractérise par l'absence totale de fondation, les murs reposant directement sur le sol avec une petite feuille de 5 cm, les pierres utilisées sont diversement taillées assemblées entre elles avec un mortier de chaux, les murs sont bâtis à partir de la base avec une épaisseur qui commence de 40 à 60 cm et se réduit régulièrement jusqu'à la terrasse pour atteindre 15 à 20 cm .



Figure 52: les murs en pierres et terre dans le ksar Adjahil –éditeur-

La construction nécessite une main d'œuvre qualifiée et selon les données climatiques et géographiques qui définissent les conditions et la méthode de travail sur le chantier. Choisir la période propice le travail.

La situation du ksar sur une zone rocheuse assure la disponibilité des matériaux comme la pierre pour la construction ;

L'équipe de réalisation est constituée environ de 8 personnes, souvent issue du même douar, la répartition de travail est précise.

Le concept de diagnostic donne une préoccupation des démarches de conservation et restauration, on intervient sur ce tissu ancien de ksar Adjahil en avant par une bonne étude et diagnostic de cadre constructif, on prend en charge le facteur de vieillissement et altération de matériaux de construction de but à acquies les causes de ces problèmes constructifs de ce milieu saharien, on expertise défère matière de ces cas pathologiques par un repère de diagnostiquassions pathologique de patrimoine de bâtis .

-dans un objectif de fait un travail opérationnel fait par de compétence entreprise avec ces outils et matériaux spécifiques.

❖ Dimensionnement

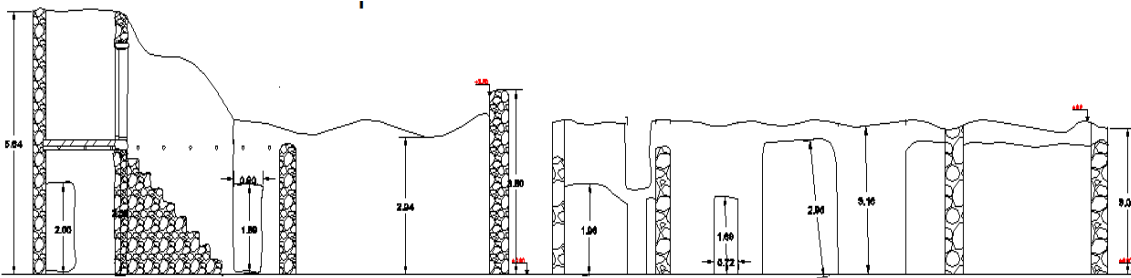


Figure 53 : Coupe verticale sur les murs de ksar Adjahile

❖ Couleur de mur

Tout corps exposé au soleil s'échauffe en fonction de la nature de sa surface. L'échauffement est d'autant plus grand quand la couleur du corps est plus 5<1 m, grâce a ce principe les ksours de Djanet porte une couleur blanche qui réduit la conductivité pour réfléchir un maximum de rayons solaires

On distingue la matière blanche de Tabarek un peinture locale pour tôlier les murs

3.3.1. Processus de reconstitution d'un mur (expérience de stage a Djanet)

L'expérience professionnelle dans le cadre de la reconstitution d'un mur du ksar de Djanet a montrer les procédés suivants, repris sur les techniques anciennes et ce afin de reproduire les taches successives dans la réalisation de mur en pierre dans le ksar Adjahil. Les étapes de réalisations s'enchainent comme suit.

- **organiser le groupe de travail par le chef de chantier**
- **Propreté de l'espace de travail**
- **Ramassage et nettoyage des pierres moellons de différentes tailles**
- **mettre les outils et le matériel a disposition (brouette, cordeau..)**
- **Préparer l'argile comme mortier et enduit**
- **Apporter les morceaux de "Tabarek" et broyer pour l'utilisé comme peinture sur les façades.**
- **Bâtir le mur en pierre avec mortier de terre a l'aide de cordeau**
- **Revêtement du mur avec une couche de terre ou d'enduit**
- **pose du liquide de de "Tabarek" sur le mur**



Figure 54: Préparation le mortier de



Figure 55: ramassage des pierres moellons



Figure 56: réalisation des murs de pierre avec un mortier de liaison de terre + revêtement de l'enduit sur chantier



Figure 57: pose une peinture de liquide de (Tabarek + eau) sur la paroi de mur

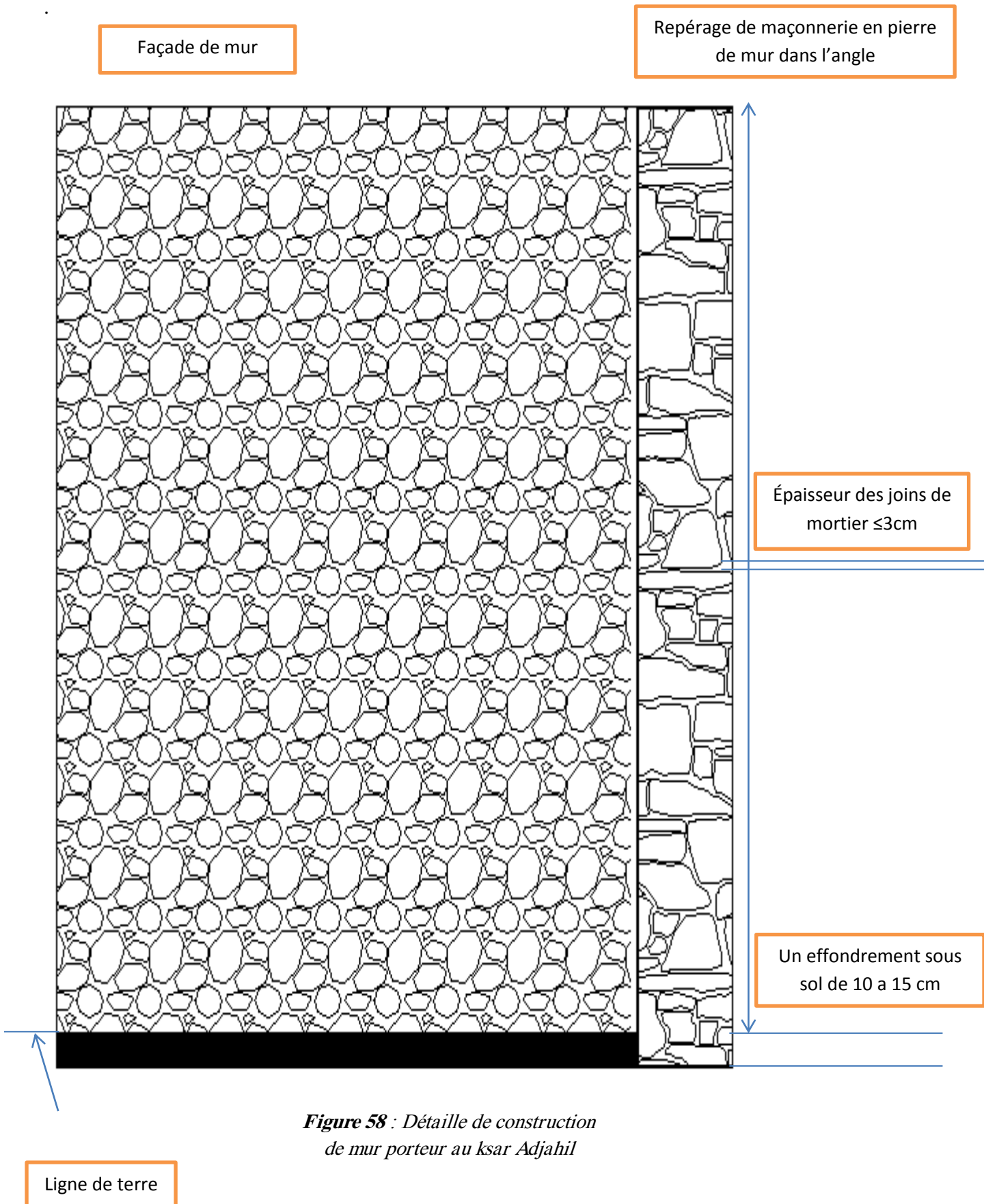


Figure 58 : Détaille de construction de mur porteur au ksar Adjahil

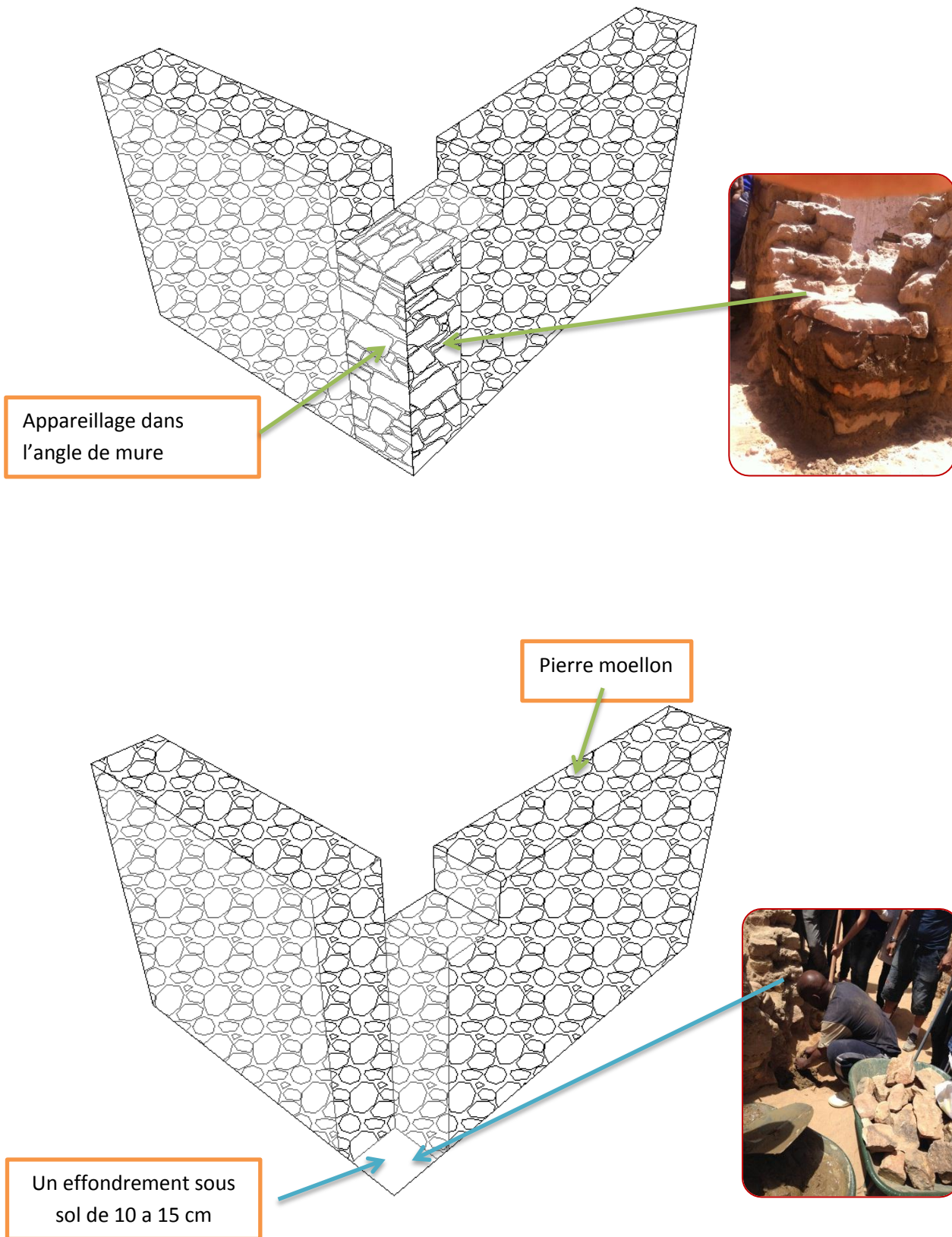


Figure 59: appareillage de mur porteur

III.3.2. Type de pierre

La pierre est moellon de dimension entre 12 et 25 cm exprimé dans la falaise impaire rocheux

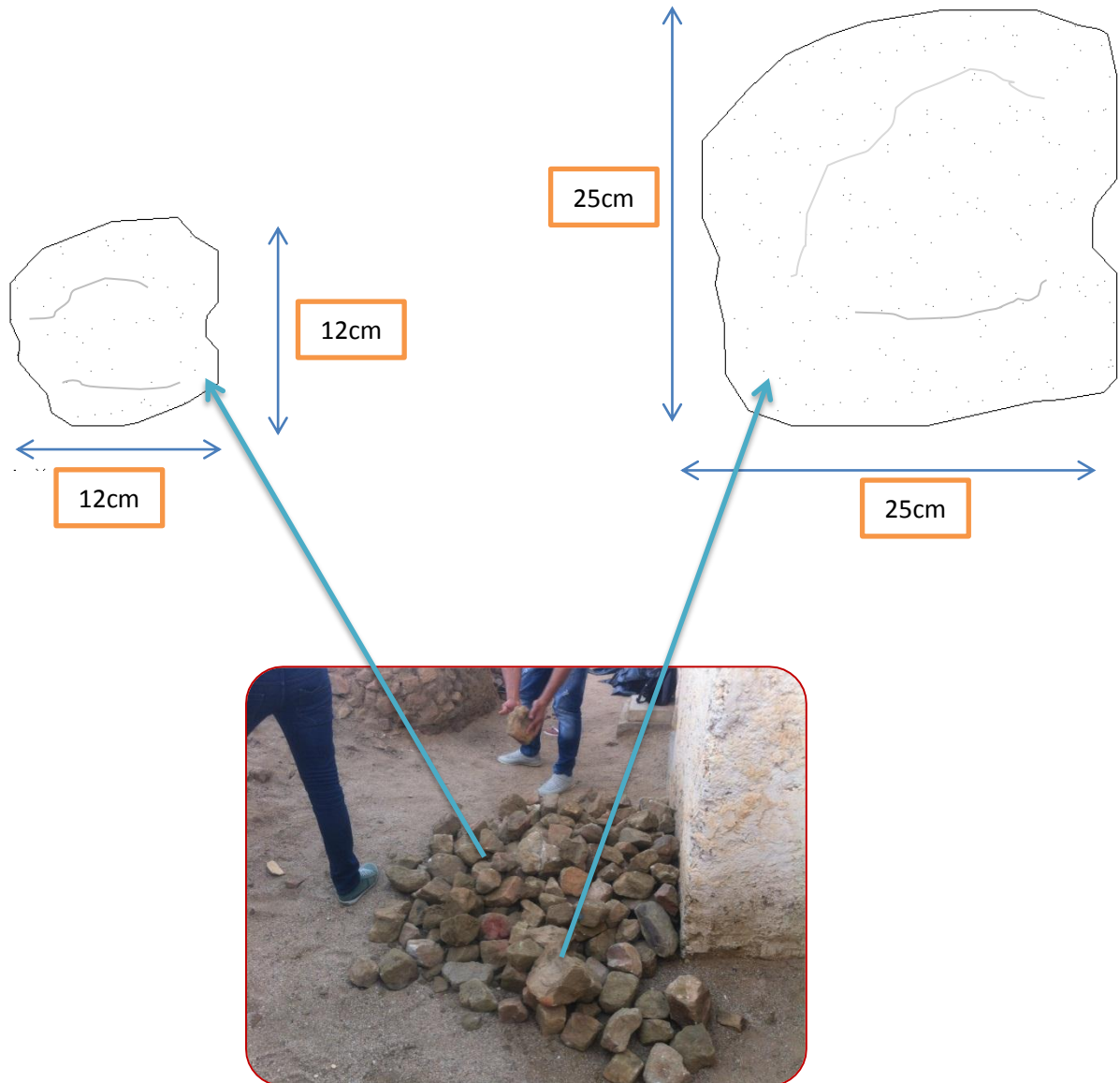


Figure 60: type de pierre de construction

III.3.3. La terre

Et utilisé comme un mortier de liaison de pierre, dans la mise en œuvre des joins jusqu'à 3 cm, et aussi en travail comme un enduit de revêtement de parois par des couches successive jusqu'à 3 cm d'épaisseur

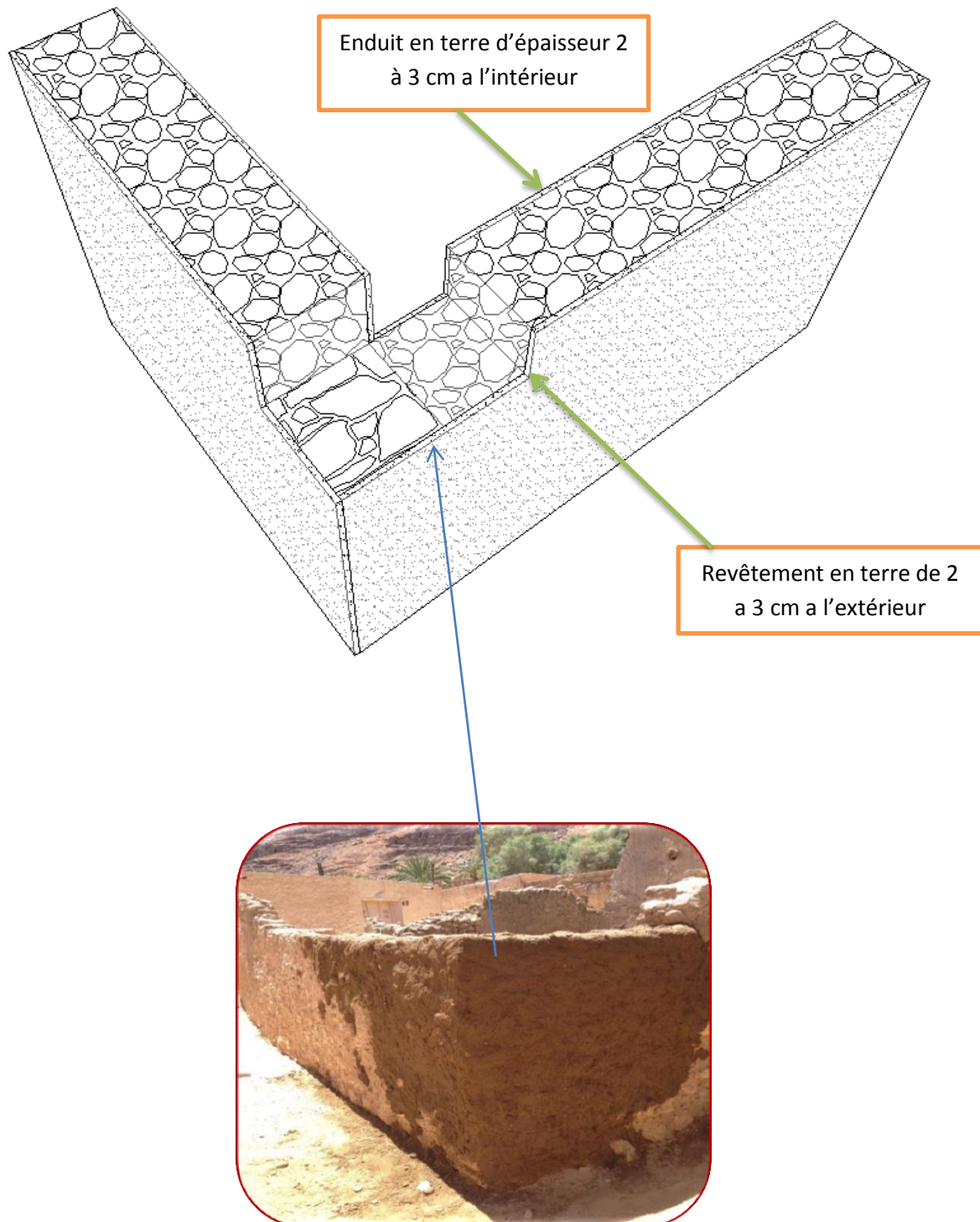


Figure 61: l'utilisations de terre dans les murs

Chapitre IV :
Réhabilitation du
matériau terre dans
le ksar

SUGGESTIONS ET CONSEILS

Pour parer aux menaces qui pèsent sur le bâti du ksar Adjahil, une série d'interventions sont à mettre en œuvre comme actions d'urgences.

- Inventaire détaillé sur l'état de dégradation des ksour
- Confortement de la base des murs d'enceinte
- Le renforcement des bases des murs par la maçonnerie de pierre particulier
- la reprise et la consolidation des points névralgiques et des effondrements de la maçonnerie en élévation
- La mise en place des revêtements du sol et des revêtements des ruelles par le matériau adéquat
- Travaux permanents d'entretien et de maintenance
- Amélioration des caractéristiques mécaniques du matériau terre (par les procédés de stabilisation) et utilisation des enduits compatibles aux constructions en terre.

Il est clair que le diagnostic de l'état des lieux du ksar Adjahil, révèle l'ampleur de la situation et surtout fait prendre conscience de ce processus de dégradation qui semble irréversible si aucune action conséquente n'est menée. Suggérer une visibilité de la chose inciterait à penser aux éventuels processus de réappropriation du ksar, qu'il serait impérativement nécessaire de mettre en œuvre si l'on veut réellement sauvegarder ce patrimoine séculaire irremplaçable

-Assurer La formation et la diffusion

-Organiser des formations pour encourager les collectivités à préserver les techniques de construction local et le savoir faire traditionnel et les matériaux

-Des programmes pédagogiques et éducatifs pour comprendre l'habitat vernaculaire

-Assurer la conservation et l'inventaire des techniques

-Mettre des programmes de formation pour sensibiliser le public en particulier les jeunes vers le domaine l'architecture vernaculaire

-Création d'organes et réseaux régionaux pour échanger des expériences et expertises

-Développer l'artisanat

L'Unesco défini les produits artisanaux comme suivant :

"On entend par produits artisanaux les produits fabriqués par des artisans, soit entièrement à la main, soit à l'aide d'outils à main ou même de moyens mécaniques, pourvu que la contribution manuelle directe de l'artisan demeure la composante la plus importante du

produit fini... La nature spéciale des produits artisanaux se fonde sur leurs caractères distinctifs, lesquels peuvent être utilitaires, esthétiques, artistiques, créatifs, culturels, décoratifs, fonctionnels, traditionnels, symboliques et importants d'un point de vue religieux ou social".

Il s'agit de développer toutes les activités liées à la construction des ksour à leur entretien et à sa réhabilitation et en premier lieu sont concernés, les habitants de Djanet premiers garants de cette architecture héritée.

-Renforcer la promotion touristique de la région et l'activité apprentissage.

Réhabilitation des ksour a usage touristique et culturel. Zone d'hébergement, espaces d'échanges et de rencontres culturelles, célébrations ou organisation d'évènements, ateliers spécialisés, découverte et usage de la terre. Échanges universitaires.

-Réhabilitation du logement local et promotion de l'architecture de terre.

-réhabilitation des kseurs en lieu résidentiel.

-réalisation de nouveaux programmes d'habitat adaptés en réintroduisant les techniques anciennes a l'aide de la communauté locale.

CONCLUSION GÉNÉRALE

CONCLUSION

Cette recherche s'est vue mettre en exergue le matériau terre dans tous ses aspects. Un matériau ancien mais moderne à la foi, reconnu pour ses propriétés, la terre constitue peut être aujourd'hui la matière la plus fiable, les données scientifique attestent les qualités de ce matériau qui au vue des exigences actuelles de préservation de nos ressources est de plus en plus réfléchi comme un alternatif avenir. Mais en parallèle le patrimoine de terre des ksour du sud se fragilise et sombre peut a peut dans l'oubli il est pourtant le repère identitaire de ses peuples qui ont su manier la terre avec tant d'ingéniosité. Ils ont conçu des modèles constructifs qui sont des références au bien vivre. Connaître ces savoirs faire et cette culture de construire, ne serait qu'une reconnaissance méritée. Il est pour les génération a venir essentiel de garder la mémoire, d'en faire un apprentissage et de se réappropriier ce qui fut. Les initiatives entreprises par des étudiants pour rebâtir à titre d'expérience un mur en pierre au ksar Adjahil, sont en droit de redonner espoir sur l'intérêt et l'importance des constructions en terre des ksour du sud.

BIBLIOGRAPHIE

- CRATerre. Construire en terre, Alternative et parallèles, Anarchitecture, France. 1979.
- Craterre –marakkech 87 habitat en terre –craterre
- Craterre -1991 construire en terre
- Craterre 1995-traité construction en terre –marseille –
- Doat .p 1983-construire en terre
- Guillard c 2002 l'architecture de terre –patrimoine d'avenir
- Houben .h et al (2006) traité construction en terre
- BOISSARD, Jean-Baptiste et al. Construire en terre. Projet GE12, Université de Technologie de Compiègne.France, 2008
- CHOAY, Françoise. L'allégorie du patrimoine, Paris, Seuil, 1992.
- Jean. Réhabilitation, Arts de bâtir traditionnels, Connaissances et techniques. Edisud. Paris, 1987.
- CRATerre-EAG. Aléas naturels, catastrophes et développement local, CRATerre Editions, 2011.
- CRATerre-EAG. Traité de construction en terre, Edit Parenthèses. 2009
- Coignet j et l 2003 la maison ancienne
- BELINGA N. Christian, La valorisation de la terre dans l'habitat du plus grand nombre , EAG 20DOAT Patrice, BARDAGOT Anne Monique, Evaluation des prototypes d'école primaire et de logement de maître deNomgane . Burkina Faso/ MEBAM. CRATerre-EAG. Mars 1990. 56p03.
- FATHY Hassan, Construire avec le peuple . Ed.Paris : Simbad. Coll. La bibliothèque arabe. Hommes et société. 1970.
- KERE Basile, Architectures et cultures constructives du Burkina Faso . Ed. CRATerre-EAG, Villefontaine 1995.
- CESAR DIAZ GOMEZ, Comprendre les désordres structurels, Département de Constructions architecturales I de l'École technique supérieure d'architecture de Barcelone (Université polytechnique de Catalogne), Espagne, PDF.
- H. GUILLAUD, C.A. de CHAZELLES et A. KLEIN, Les constructions en terre massive, pisé et bauge, ouvrage collectif, Actes de la table ronde de Villefontaine Isère 28- 29 mai 2005, éd. de l'espérou, 2007 –
- BAUDREU Dominique, Bâtir en terre crue en Languedoc et en Gascogne, les mots et les techniques, avril 2012, service connaissance et patrimoine, DCAV Région Midi-Pyrénées
- B. PIGNAL, Terre crue, techniques de construction et de restauration, éditions Eyrolles, collectif Au pied du mur, 2005 -

La ville de dj Janet

- L'architecture de terre (André Ravereau)
- Le M'Zab une leçon d'architecture
- Henri Lhote, Les Touaregs Du Hoggar (Payat Paris).

- Henri Lhote, Gravures Peinture rupestre et vestiges archéologiques des environs de Djanet (Tassili N°Ajjer).
 - Sahara, désert des déserts (Luc Gavache).
 - Le badro, L'art rupestre au Tassili N°Ajjer Alger.
 - Gabriel Camps, Les Berbères Mémoire et identité (Edition errance).
 - Gabriel Gardel, les touaregs Ajjer Braconnier 1996.
 - L'ardaillon, Note sur les touaregs Ajjer l'oasis de Djanet (1988).
 - Sahara au jour le jour, Alain Sèbe Berry Sèbe (Novembre 2010).
 - Sahara des Tassilis, Alain Sèbe (Novembre 2010).
 - Sahara la grande passion, Jean-Marc Durou (Octobre 2008).
- BOULFEKHAR, Sarah . L'architecture vernaculaire comme modèle pour assister la conception environnementale des bâtiments. Mémoire de Master Design Global, spécialité « Architecture Modélisation Environnement ». Qualité environnementale des bâtiments, École Nationale Supérieure d'Architecture de Nancy, Septembre 2011.

LISTE DES FIGURES

	Page
Figure 1 : Carte de distribution de l'architecture de terre dans le monde-craterre-	8
Figure 2 : les modes d'utilisation de la terre Hugo Houben, hubert guillauded.parenthèses.craterre-ensag-.....	10
Figure 3 : la technique de construction de pisé.....	12
Figure 4 : technique de construction de torchis	
Figure 5 : Préparation de la terre-paille.....	13
Figure 6 : Le toit et les murs de ces maisons sont fabriqués en adobe et adaptés d'un style traditionnel de Bolivie. Tiré de Minke (2006).	14
Figure 7 : Maison construit en adobe du Nouveau-Mexique, aux É.-U. Tiré de Minke (2006).	14
Figure 8 : La construction en BTC a Mayotte.....	14
Figure 9 : Détails sur le parfait alignement des pierres. Les bâtisseurs voulurent la muraille droite et lisse.....	16
Figure 10 : vue sur Plan de mur d'enceinte qui protège l'établissement.....	16
Figure 11 : Épaisseur à sa base de 1,40 m environ, se réduisant progressivement vers le haut qui a une épaisseur mesurant 25 à 30 cm. (Photo L. Simporé)	17
Figure 12 : PARC NATIONALE D MESA VERDE Thierry Joffroy, - CRAterre	17
Figure 13 : PARC NATIONALE D MESA VERDE-bastien Moriset-CRAterre	17
Figure 14 : vue de la ville de Morelia, Mexique	18
Figure 15 : Ville de Morelia-Hector Sanchez	18
Figure 16 : ville de colonia del sacramento -pablo viojo-	19
Figure 17 : ville de colonia del sacramento -pablo viojo-	19
Figure 18 : Mode d'habitation dans la ville a Koudougou	20
Figure 19 : Grand marché.....	20
Figure 20 : école primaire.....	20
Figure 21 : coupe –logement-.....	21
Figure 22 : Façade sur Rue –logement-.....	21
Figure 23 : Façade avant –logement-	21
Figure 24 : Plan de logement	22
Figure 25 : bâtiment principale achevé.....	22
Figure 26 : sur chantier (c.belinga)	22
Figure 27 : Production de l'adobe (c. Belinga)	23
Figure 28 : plan de maison dans la ville ait Itchir	24
Figure 29 : coupe sur une maison dans la ville ait itchir.....	25
Figure 30 : Effondrement d'un mur à cause d'une toiture abîmée (poussée de la charpente et infiltration d'eau)	28

Figure 31: Effondrement d'un bout de mur enfermé entre un enduit ciment et des blocs de parpaing	28
Figure 32 : Exemple d'une pente de drainage réalisée sur une grange à Paladru	29
Figure 33 : Principe de drain sans géotextile Percolation de surface et de sous-sol	29
Figure 34: la réalisation des couches d'enduit	29
Figure 35 : Exemple de rebouchage d'une mini-fissure comblée	30
Figure 36 : Situation de Djanet	33
Figure 37: Carte des limites de Djanet	33
Figure 38 : oued adjrew a djanet-source editeur	34
Figure 39: Courbe des températures annuelles de Djanet	34
Figure 40: Diagramme climatique de la ville de Djanet.....	34
Figure 41: L'horizontalité et la compacité des constructions à Taghit - source Google image -	35
Figure 42: Plan de ksar Adjahil	35
Figure 43 : Coupe schématique sur le ksar Adjahile –éditeur-.....	36
Figure 44: typologie et le programme de logement dans le ksar Adjahile-éditeur-.....	36
Figure 45: les matériaux de construction dans le ksar	37
Figure 46: les éléments décoratifs dans le ksar Adjahil.....	37
Figure 47: les pathologies rencontrées dans le ksar Adjahile	40
Figure 48: les pathologies rencontrées dans le ksar Adjahile	41
Figure 49 : L'abondant des habitations de ksar.....	42
Figure 50: l'inondation sur le site de ksar djahil.....	43
Figure 51: les murs en pierres et terre dans le ksar Adjahil –éditeur-.....	44
Figure 52 : Coupe verticale sur les murs de ksar Adjahile	45
Figure 53: Préparation le mortier de terre	46
Figure 54: ramassage des pierres moellons locale	46
Figure 55: réalisation des murs de pierre avec un mortier de liaison de terre +revêtement de l'enduit sur chantier	46
Figure 56: pose une peinture de liquide de (Tabarek +eau) sur la paroi de mur.....	46
Figure 57 : Détaille de construction de mur porteur au ksar Adjahil.....	47
Figure 58: appareillage de mur porteur.....	48
Figure 59: type de pierre de construction	49
Figure 60: l'utilisations de terre dans les murs	50