

Département d'Architecture



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

Filière :
ARCHITECTURE

Spécialité :
ARCHITECTURE ET PATRIMOINE

Présenté par :
**BENLARBI Meriem
BEZZAZ Oussama**

THEME :
**EVOLUTION DE L'ARCHITECTURE EN TERRE DANS LES
CONCEPTIONS ARCHITECTURALES
(USAGES ET TECHNIQUES)**

Soutenu le : 23.06.2018

Composition du Jury :

| | |
|-----------------|---|
| BABA Rima | MAA, Université Mohamed Seddik BENYAHIA - Jijel, Président du jury |
| MENHOUR Asma | MAA, Université Mohamed Seddik BENYAHIA - Jijel, Directeur de mémoire |
| DJABER Khadîdja | MAA, Université Mohamed Seddik BENYAHIA - Jijel, Membre du Jury |

Remercîment

Je tiens premièrement à remercier DIEU d'avoir éclairé mon chemin et de m'avoir donné la force et la patience de réaliser ce modeste travail ;

Mes parents BENLARBI Ibrahim et KAOULI Salima qui m'ont soutenue pendant les années de mes études, ; Merci infiniment.

En deuxième lieu je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à notre encadreur MENHOUR ASMA, pour son suivi, ses nombreux conseils et ses critiques constructives pour l'élaboration de ce travail.

Mes remerciements sincères et vifs pour Mr : GUENDOUDI Med Amine ; pour ses conseils et son aide précieux le long de mes études ; Merci infiniment.

Une grande estime aux enseignants membres de jury qui nous ont honorés par leur présence le jour de la soutenance.

Mes remerciements également à :

Ma grande mère pour sa prière et son encouragement.

Ma sœur Bathoul et mes frères Choukri et Abdallah

Je tiens également à dédier ce travail à mes camarades de master, avec qui j'ai passé d'excellent moments au sein de département d'architecture de Jijel.

Enfin à toutes personnes qui a contribué de près ou de loin pour l'accomplissement de ce travail,

MERCI ...

Meriem

Remerciement

A mes très chers parents Aziza et krimo, qui m'ont aidé à affronter cette vie, nulle dédicace ne peut exprimer mes sincères sentiments pour leurs patiences illimitées, leurs encouragements continus et leurs aides.

A ma chère sœur Fatima et mes chères frères, Adel (et surtout ses petits enfants Serine et Mouhsine), Fares, Abdessamia et Raouf. Qui ont été toujours présentes à mes côtés pour me soutenir, m'aider et m'encourager.

A toute ma grande famille tous mes proches ...

A tous mes amis, surtout Bensassi Bilal, Zino, Imoni ... et tous mes collègues de la graduation 2017/2018; Amir, Islam, Ramy, Kheled, Nasro, Noufel, Fares, Ali,...

Oussama

Table des matières

Chapitre introductif

| | |
|-------------------------------------|---|
| 1. Introduction | 1 |
| 2. Problématique | 3 |
| 3. Hypothèses | 3 |
| 4. Les objectifs :..... | 4 |
| 5. Méthodologie de recherche :..... | 4 |

Chapitre 01 : Patrimoine architectural en terre

| | |
|---|----|
| Introduction | 5 |
| 1. Evolution de la notion du patrimoine: | 5 |
| 1.1 Architecture en terre composante du patrimoine architectural :..... | 6 |
| 1.1.1 La relation entre l'architecture en terre et le patrimoine | 7 |
| 1.2 L'évolution de l'architecture en terre : | 9 |
| 1.2.1 L'évolution historique..... | 9 |
| 1.2.2 L'évolution géographique | 12 |
| 2. Intérêts et inconvénients de la construction en terre :..... | 14 |
| 2.1 Intérêts et avantages : | 14 |
| 2.1.1 Les interest socio-économiques:..... | 15 |
| 2.1.2 Les intérêts écologiques et environnementaux :..... | 17 |
| 2.1.3 Intérêt et Impacts sur la santé et le bien-être : | 17 |
| 2.2 Les inconvénients de la terre :..... | 18 |
| 3. Le patrimoine en terre ; rejet et crise identitaire : | 19 |
| 3.1 Le rejet de l'utilisation de la terre dans la construction :..... | 19 |
| 3.1.1 Un rejet socio-culturel..... | 19 |
| 3.1.2 Un rejet d'ordre technique et pratique | 19 |
| 3.2 L'architecture en terre et la crise identitaire : | 20 |
| Conclusion : | 21 |

Chapitre 02 : la terre ; matière et matériau

| | |
|--|----|
| Introduction | 22 |
| 1. La terre est-elle un éco matériaux ? :..... | 22 |
| 1.1 Qu'est-ce qu'un éco-matériau ? | 22 |

| | | |
|--------|---|----|
| 1.2 | Les critères des éco-matériaux : | 23 |
| 1.1 | Pourquoi favorisé des éco matériaux ?..... | 23 |
| 2. | La terre : de la nature à la construction :..... | 24 |
| 2.1 | Définitions | 24 |
| 2. 2 | La terre de la géologie a l'architecture : | 25 |
| 2. 3 | Composant et texture de la Terre :..... | 26 |
| 2. 4 | LES MINERAUX ARGILEUX | 28 |
| 2. 5 | La réaction eau/argile | 30 |
| 2. 6 | Caractéristiques de la terre : | 31 |
| 2. 6.1 | Les propriétés physiques fondamentale de la terre : | 31 |
| 2. 6.2 | La résistance mécanique : | 32 |
| 2. 6.3 | Résistance au feu : | 33 |
| 2. 6.4 | L'isolation acoustique :..... | 34 |
| 2. 6.5 | La durabilité : | 34 |
| 2. 6.6 | Un agent conservateur :..... | 34 |
| 2. 6.7 | Autres : | 35 |
| | Conclusion : | 36 |

Chapitre 03 : L'architecture en terre ; techniques et procédés de constructions

| | | |
|--------|---|----|
| | Introduction : | 37 |
| 1 . | Élaboration et mise en œuvre :..... | 37 |
| 1.1 | L'identification de la matière et les essais : | 37 |
| 1.2 | Détermination des Propriétés de la Terre :..... | 38 |
| 1.3 | L'amélioration de la terre :..... | 38 |
| 1.4 | Les avantages et les inconvénients de la terre :..... | 39 |
| 2 . | Les techniques de mise en œuvre de la terre : | 39 |
| 2.1 | La Terre cure:..... | 39 |
| 2.1 .1 | Les constructions monolithiques : | 40 |
| 2. 1.2 | Les constructions mixtes : | 42 |
| 2. 1.3 | Les constructions maçonnées : | 45 |
| 2.2 | la Terre cuite:..... | 49 |

| | | |
|--------|--|----|
| 2.2 .1 | Les procédés de fabrication de la brique de terre cuite :..... | 50 |
| 2.2 .2 | Les différents types de la brique de terre cuite :..... | 50 |
| 3 . | Les formes architecturales :..... | 52 |
| 3.1 | Le système constructif | 53 |
| 3.2 | Les ouvertures: | 54 |
| 3.3 | Les modules de base | 54 |
| 4 . | Conclusion :..... | 55 |

Chapitre 04 : Pathologies et interventions sur les constructions en terre

| | |
|--|----|
| INTRODUCTION..... | 56 |
| 1 . Les principes de bonne conception d'une architecture en terre :..... | 56 |
| 2 . Recommandations essentielles pour la restauration des ouvrages anciens en terre :..... | 57 |
| 3 . PATHOLOGIE ET DIAGNOSTIC : | 59 |
| 3.1 Les problèmes liés à l'eau :..... | 60 |
| 3.2 Les actions de l'eau sur les constructions | 61 |
| 3.2 .1 L'action de l'eau sur les saillies. | 61 |
| 3.2 .2 L'action de l'eau sur les contreforts :..... | 62 |
| 3.2 .3 L'action de l'eau sur le bas du mur : | 62 |
| ➤ Rejaillissement du jet de gargouille. | 62 |
| ➤ Rejaillissement par arrosage : | 63 |
| 3.2 .4 L'action de l'eau sur le haut du mur :..... | 63 |
| ➤ Rejaillissement de l'eau contre l'acrotère..... | 63 |
| ➤ Infiltration d'eau dans la liaison terrasse acrotère. | 64 |
| 3.3 L'action du vent : | 64 |
| 3.4 Les problèmes et La pathologie structurelle : | 65 |
| 3.5 Les problèmes au niveau des ouvertures :..... | 65 |
| 3.6 Problèmes au niveau des angles :..... | 65 |
| 3.7 Liaison des matériaux : désordre de la charpente :..... | 66 |
| CONCLUSION | 66 |

Chapitre 05 : Actualité et revalorisation de l'architecture en terre

| | |
|--|----|
| Introduction | 67 |
| 1. Statut et actualité de l'architecture en terre : | 67 |
| 1.1 Statut juridique et professionnel : | 67 |
| 2. Conservation des architectures de terre : | 72 |
| 2.1 Le programme Africa 2009 : | 72 |
| 2.2 Le projet TERRA | 73 |
| 2.3 Le contrat global de développement « Isère, porte des Alpes » (2001) | 73 |
| 3. L'architecture en terre de nos jours : | 73 |
| 1 Exemple 01 : maison Martin Rauch | 73 |
| 2 Exemple 02 : la Maison de la montagne RICK JOY : | 74 |
| 3 Exemple en Algérie : | 75 |
| 4. Exemple de la Revalorisation du patrimoine architectural en Terre : | 77 |
| 4.1 Hassan Fathy : projet el Gourna | 77 |
| 4.2 Le pisé préfabriqué (Martin RAUCH) : | 82 |
| 4.3 l'expérience Algérienne(projet Mustafa Ben Brahim) : | 83 |
| 5. Conclusion : | 85 |
| | |
| Conclusion générale | 86 |

Liste bibliographique

Liste des figures

Chapitre 01

| | |
|--|----|
| Figure 1. Restitution de la maison-mosquée du Prophète construite en terre | 8 |
| Figure 2. Shibam, la «Manhattan» du désert, Yémen | 9 |
| Figure 3. Tchoga Zambil en Iran..... | 10 |
| Figure 4. tombeaux de la nécropole de Bagawat édifiés il y a 1500 ans..... | 11 |
| Figure 5. Vestiges d'un stûpa édifié au VIe ou au VIIe siècle à Yâr, dans la région du Tourfan, en chine. | 11 |
| Figure 6. ksar de Moughel BECHAR (Source Pascal MAILLARD, Construire en terre : passé, présent, futur, PDF)..... | 14 |
| Figure 7. Ksar de Ait ben Hadou au Maroc (Source Craterre). | 14 |
| Figure 8. Le cycle écologique vertueux des architectures de terre : de la terre à la terre. | 14 |
| Figure 9.les Intérêts du matériau terre ; Source : Mme BELAID Wafa..... | 15 |
| Figure 10. Comparaison des coûts énergétiques de la brique de terre et du parpaing en béton | 16 |
| Figure 11. pathologies de la structure en terre | 18 |

Chapitre 02

| | |
|--|----|
| Figure 1. trois paysages d'érosion..... | 24 |
| Figure 2.les couches du sol (Source : Wolferdo, L'adobe produire Et construire, festival archi terre) | 25 |
| Figure 3. Exemple de graphe granulométrique. Source : CRA Terre | 27 |
| Figure 4. Triangle des textures | 29 |
| Figure 5; forme d'argile et de lamelle simple..... | 29 |
| Figure 6.Schéma du pont argileux liant des grains de sable, (source: grain d'Isère.) (Craterre) | 30 |
| Figure 7; paquet du kaolin et de la montmorillonite | 30 |
| Figure 8.les ions de soude piégés entre les lamelles | 31 |
| Figure 9. Réaction eau/argile | 31 |
| Figure 10. Fuseau granulométrique des terres constructible ; (Source www.lamaisondurable.com)..... | 34 |

Chapitre 03

| | |
|--|----|
| Figure 1. La roue des techniques constructives en terre ; | 40 |
| Figure 2. Les systèmes constructifs possibles avec la brique de terre crue..... | 53 |
| Figure 3. Les systèmes constructifs possibles avec le pisé | 53 |
| Figure 4. Les possibilités de percement pour un ouvrage en briques de terre (Source CRATerre)..... | 54 |
| Figure 5. Les possibilités de percement pour un ouvrage en pisé) ; (Source CRATerre)..... | 54 |
| Figure 6. Le module de base pour le pisé ; (Source CRATerre) | 55 |
| Figure 7. Le module de base pour la brique de terre crue ; (Source CRATerre) | 55 |

Chapitre 04

| | |
|--|----|
| Figure 1. Le schéma de bonne conception architecturale d'un bâtiment en terre..... | 57 |
| Figure 2. Tableau de protection des structures en terre ; Source :craterre | 60 |
| Figure 3. Schéma général de l'action de l'eau ; Source: Jacquet..... | 61 |
| Figure 4. Schéma de l'action de l'eau sur les éléments en saillie ; Source: CRATerre..... | 61 |
| Figure 5. Schéma de l'action de l'eau sur les contreforts. Source: CRATerre | 62 |
| Figure 6. Action de l'eau sur le bas du mur par rejaillissement dû aux jets de gargouilles ; Source : CRATerre..... | 62 |
| Figure 7. Action de l'eau sur le bas du mur par rejaillissement dû à l'arrosage ; Source: CRATerre | 63 |
| Figure 8. Schéma de l'action de l'eau sur le bas de l'acrotère ; Source: CRATerre..... | 63 |
| Figure 9. Schéma du décollement d'enduit sous le chapeau d'acrotère ; Source: CRATerre . | 64 |
| Figure 10. Schéma de l'infiltration d'eau dans la liaison terrasse-acrotère ; Source: CRATerre | 64 |
| Figure 11. Action du vent sur les structures en terre ; Source: CRATerre | 64 |
| Figure 12. Différents types de fissures ; Source: CRATerre..... | 65 |
| Figure 13. Flexion des linteaux ; Source: CRATerre..... | 65 |
| Figure 14. Déformation des murs ; Source: CRATerre..... | 66 |

Chapitre 05

| | |
|---|----|
| Figure 1. Entrance to Kasubi Tombs Kampala Uganda East Africa ; Source : https://www.alamy.com | 72 |
| Figure 2. maison Martin Rauch (source : Jehanne PAULUS, 2010) | 74 |
| Figure 3. Rick Joy: Tucson Mountain House; Rick Joy Architecture Studio; (Source : Jehanne PAULUS, 2010) | 75 |
| Figure 4. habitat Ghermoul Alger centre. (Source : H. BENOUALI) | 76 |
| Figure 5. ksar Hamra Timimoune ; Source : google.com/site/archinova16/oasis | 76 |
| Figure 6. ksour de menaà_Batna ; source : auteur | 76 |
| Figure 10. pisé (CNERIB) 1999..... | 77 |
| Figure 10.BTS CNERIB 2007 | 77 |
| Figure 10 BTS Tamanrasset 1994..... | 77 |
| Figure 10.BTS CNERIB 1984 | 77 |
| Figure 11.Le village de Gournat en Egypte. (Source :Bakri N.)..... | 78 |
| Figure 12.Vue générale de village. Source : Bakri N..... | 79 |
| Figure 13. La technique de la voûte nubienne a l Gournat ; Source : Zarrouk CH..... | 79 |
| Figure 14.les maisons de village ; Source : Zarrouk CH | 79 |
| Figure 15.application du savoir-faire antique, méthode sans coffrage ; (Source : construire avec le peuple Ed :sindbad)..... | 80 |
| Figure 16. L'utilisation de Malqaf. | 80 |
| Figure 17. dessin explicatif du principe de malkaf | 80 |
| Figure 18. construire sans coffrage ; (Source : construire avec le peuple) | 81 |
| Figure 19. assemblage et pose de blocs de pisé sur le lieu du chantier ; Source : CRAterre... .. | 83 |
| Figure 20.plan et façade d'un exemple d'habitation du village | 84 |

Liste des images

Chapitre 02

| | |
|---|----|
| Image 1.les composantes de la terre (Source : B.N, festival archi terre, 2013) | 25 |
| Image 2.Décomposition de la matière organique des sols ;source:Les Centres Inra | 25 |

Chapitre 03

| | |
|--|----|
| Image 1.les gorges du Roufi à Batna (troglodyte horizontale) ; Source : autour ;2018..... | 41 |
| Image 2. colombin ; (Source Hugo Heuben et Hubbert Guillaud,)..... | 41 |
| Image 3. boulle façonnée en terre ; (Source Hugo Heuben et Hubbert Guillaud,) | 42 |
| Image 4. terre empilée ; Source : N. BEKRI.2016..... | 42 |
| Image 5. toile en terre ; (Source Hugo Heuben et Hubbert Guillaud,)..... | 44 |
| Image 6.grillage en terre..... | 44 |
| Image 7.Pneu en terre. (Source Hugo Heuben et Hubbert Guillaud,)..... | 44 |
| Image 8.mur creux ; (Source Hugo Heuben et Hubbert Guillaud,) | 44 |
| Image 9.bloc rempli en terre ; (Source : Bakri N)..... | 44 |
| Image 10. Isolation en terre.. ; (Source Hugo Heuben et Hubbert Guillaud,)..... | 44 |
| Image 11. tube de terre ; (Source Hugo Heuben et Hubbert Guillaud,)..... | 44 |
| Image 12.maison en sac ; (Source : Bakri N2016)..... | 44 |
| Image 13.Terre paille ; (Source : ZEROUK Ch) | 45 |
| Image 14.mise en œuvre de l'adobe ; Source : Pauline Sémon | 46 |
| Image 15. a. découpage manuel ,b. pondeuse à moule ,c. pondeuse a disque | 46 |
| Image 16.mise en œuvre de BTC ; Source : Pauline Sémon..... | 47 |
| Image 17.étape de réalisation du pisé ; (Source : J.M.LE TIEC, l'architecture de terre contemporaine)..... | 48 |
| Image 18.Outils traditionnels de pisé ; Source : Pauline Sémon | 48 |
| Image 19. technique de torchis ; Source : Pauline Sémon | 49 |
| Image 20. Torchis sur clayonnage..... | 49 |
| Image 21. Torchis sur barreau | 49 |
| Image 22. procède de fabrication de la brique cuite ; (Source : Nadia Hoyet, 2013) | 50 |
| Image 23. a. Les briques apparentes, b. Les briques creusés, c. Les briques plâtrières, d. Les briques mono mûres ; (Source: N. Hoyet, 2013.)..... | 51 |
| Image 24. a, bille d'argile ,b. argile expansée | 52 |

Liste des photos

Chapitre 03

- Photo 1 et 2 : Les fibres végétales et Les fibres animales ; Source : Bekri Narimane, festival archi terre, EPAU, 2013)..... 38
- Photo 2.les différentes états de la terre sans et avec paille ; (Source: Bekri N, 2015)..... 39

Liste des tableaux

Chapitre 03

- Tableau 1. les techniques de mise en œuvre de la terre ; (Source : N. BEKRI, 2015) 52

Chapitre 05

- Tableau 1.les opérations de construction en terre en Algérie par le CNERIB ; (Source : H. BENOUALI, La réglementation technique Algérienne de construction avec les Matériaux locaux)..... 70

1. Introduction :

« Il serait vain de se détourner du passé pour se pencher qu'à l'avenir...L'avenir ne nous apporte rien, ne nous donne rien, c'est nous qui pour le construire devons tout lui donner...Mais pour donner il faut posséder et nous ne possédons d'autre vie, d'autre sève, que les trésors du passé »¹.

Il est temps de prendre conscience que l'on dispose à travers nos legs historiques, un patrimoine d'une richesse étendue, ce patrimoine a longtemps été négligé, sous-estimé. La plus grande partie est menacée. Les causes en sont multiples, et trouvent souvent leurs origines à l'action du temps.

Aujourd'hui, plusieurs opérations de restauration de monuments historiques sont lancées à travers tout le territoire national, avec une véritable stratégie de conservation et de mise en valeur du patrimoine qui est engagée par l'état algérien depuis quelques années, particulièrement depuis la promulgation de la loi 98-04 visant l'élargissement de la notion de patrimoine aux biens culturels matériels et immatériels, et définissant les règles de sa protection et sa mise en valeur. Dans ce sens, le plan permanent de sauvegarde et de mise en valeur des secteurs sauvegardés dicte « les règles générales et les servitudes d'utilisation des sols et fixe également les conditions architecturales selon lesquelles est assurée la conservation des immeubles et du cadre urbain »².

Parmi ses missions, figure l'identification des matériaux locaux et techniques relevant du savoir-faire traditionnel local, cette connaissance des systèmes constructifs et des matériaux utilisés, est une étape indispensable à la réussite d'un projet de restauration. Les comportements mécaniques et physico-chimiques des différents matériaux doivent être compatibles, afin d'assurer l'homogénéité structurelle et l'intégrité physique du bâti et éviter des dégâts qui pourraient s'avérer irréversibles en préservant l'authenticité matérielle et constructive. La lecture de l'évolution historique d'un monument, ou d'un tissu urbain ne saurait s'effectuer sans la connaissance des matériaux et techniques qui garantissent l'identification de différentes phases constructives.

En effet, la mise en œuvre des matériaux et les outils de travail laissent des empreintes qu'on ne peut lire sans une connaissance préalable des techniques constructives³. En même temps, le désir d'établir un équilibre harmonieux entre l'homme et la nature est une attitude et un objectif majeur des humains depuis des siècles. Les impacts néfastes qu'a causés la pollution, ont poussé l'état et

¹ Simone Weil – Extrait de l'enracinement, édition Galimard, Paris 1950.

² Décret exécutif n° 03-324 du 9 Chaâbane 1424 correspondant au 5 octobre 2003 portant modalités d'établissement du plan permanent de sauvegarde et de mise en valeur des secteurs sauvegardés.

³ MILETO Camilla, «L'analyse stratigraphique de l'architecture et son application à l'architecture traditionnelle », in Méthode REHABIMED, II. Réhabilitation bâtiments, Ed Collegi d'Apaiçfladors i Arquitectes Tècnics de Barcelona, 2007.

l'individu à multiplier l'effort de préservation de la nature et le nombre de militants pour la cause environnementale (groupe et association) a augmenté.

A ce stade, le choix des matériaux de construction est une nécessité primordiale que le concepteur doit bien réfléchir. De nos jours, avec les inquiétudes écologiques et les problèmes liés aux impacts des matériaux manufacturés, plusieurs tendances vers la conscience de l'utilisation des matériaux sains ont émergé. Le matériau de construction ouvre le bâtiment vers l'extérieur. Il donne à la construction une impression de légèreté et de transparence ou à l'inverse, une monolithique et un massif. Il détermine le passage du projet à la réalité lorsque c'est le point de départ. Dans ce contexte, des appels ont été lancés pour fouiner et essayer de comprendre le secret des civilisations passées qui ont laissé leur produit architectural comme témoin à transmettre à travers les générations successives.

Cependant, notre architecture traditionnelle est connue par la diversité des techniques qui l'ont érigée, dans notre étude, nous nous intéressons au patrimoine architectural en terre, ce travail se veut une modeste contribution dans le domaine de la recherche lié à l'art de bâtir traditionnel et l'identification des techniques de sa mise en œuvre ainsi que les compromis nécessaires à son adaptation.

2. Problématique :

La terre est un matériau à changement de phase naturel, localement disponible, à faible énergie grise et recyclable. Ces qualités en font un matériau de construction d'avenir, qui contribue à faire face aux problèmes liés à l'environnement et participe au concept de développement durable qui constitue aujourd'hui la voie nécessaire pour une évolution harmonieuse, mais malgré son existence au centre de débat international depuis 1980, son utilisation dans des constructions neuves reste timide. La terre a toujours présenté une problématique liée aux obstacles psychologiques malgré les capacités prometteuses qu'elle possède. Ces obstacles affectent son utilisation et acceptation de la part de l'homme. Elle présente ainsi un aspect de résistances psychologiques, qui entravent son évolution à l'échelle nationale.

Dans ce sens, notre recherche tend à répondre à ces questions :

- Peut-on considérer la terre à travers ses propriétés physiques et thermiques comme une alternative vers une architecture parfaitement durable ?

- Le retour à la terre pourrait-il être une réponse aux besoins de construction de la population mondiale ?
- Pourquoi la terre malgré toutes ses qualités continue à être rejetée ?
- Quelles sont les stratégies mise en place pour valoriser et protéger cette richesse ?

3. Hypothèses :

Pour répondre à ces questions, nous allons aborder le sujet de façon à démontrer que :

- La terre pourrait être une bonne solution pour faire une conception écologique à cause de ses avantages thermiques qu'elle offre au bâtiment.
- Les recherches récentes sur la terre, en vue de la moderniser et l'explorer, peuvent conduire à l'inclure dans le cadre actuel moderne et sophistiqué, et lui enlever l'affectation d'ancien et précaire.
- L'abstention de l'utilisation de la terre d'une façon générale et spontanée est liée à un refus de la part des responsables, des professionnels tels que les « architectes » ainsi que les simples citoyens qui l'associent généralement à la pauvreté et à la précarité.
- Les difficultés de réalisations et le manque de main d'œuvre spécialisée influe sur le choix de ce genre de matériau.

4. Objectifs :

Les objectifs de cette étude se résument dans les points suivants :

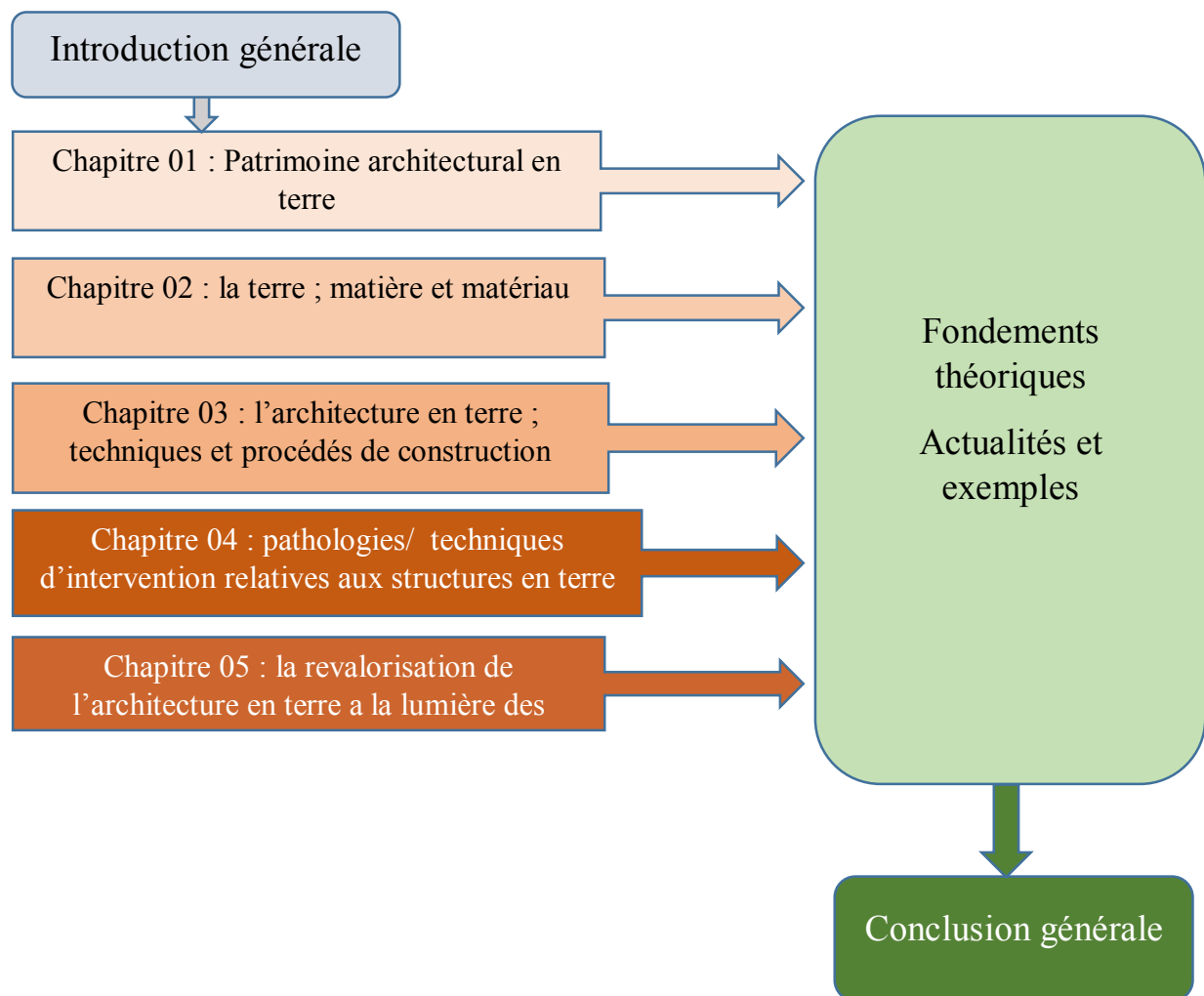
- Approfondir les connaissances et les recherches sur l'architecture de terre comme un nouvel axe à entreprendre dans la conception écologique des bâtiments.
- Lever le voile, sur le matériau terre considéré comme le noyau d'une architecture qui a suscité beaucoup de de questionnement et d'intérêt.
- Étudier ses avantages et les possibilités d'être une solution écologique
- Étudier les caractéristiques et les propriétés physiques et thermiques du matériau terre.
- Montrer la diversité des savoir-faire dans l'architecture de terre
- Faire connaître la technicité traditionnelle dans la construction en terre et la conserver afin de la transmettre aux générations futures comme témoignage de l'histoire
- Revaloriser cette matière rejetée et oubliée.

5. Méthodologie de recherche :

Sur le plan méthodologique, l'étude tente de mettre en évidence la compréhension de la matière terre et la maîtrise de sa mise en œuvre adaptée aux nouvelles techniques de construction. De

même, le point sera mis d'une part sur les différentes formes d'utilisation de la terre pour répondre aux problèmes actuels, d'autre part, l'architecture de terre comme étant une source d'inspiration et de solutions ; elle reste une icône de ce riche patrimoine. Dans le cadre de ce mémoire, il s'agit d'une recherche bibliographique et documentaire visant à valoriser le matériau terre. Ensuite, la mise en valeur des avantages de la terre notamment celles écologiques avec les différentes techniques de sa mise en œuvre à partir d'une connaissance profonde de la matière avant et après qu'elle soit un matériau. Aussi elle touche à la fin le statut réglementaire de la terre et son actualité à la lumière des exemples universels et ceux en Algérie. elle se base sur les sources bibliographiques suivantes : livres et ouvrages, Mémoires de magister , thèses de doctorat, Actes de colloques, séminaires et journées scientifiques et les sites Web d'internet.

L'organigramme suivant montre la structure du mémoire:



Introduction :

Quand on parle de l'histoire de l'architecture et de patrimoine architecturale, on se trouve forcément dans le champ de l'architecture de terre car elle a été présente et a accompagnée l'homme au cours de son développement. Mais cette notion et autre se trouve en danger face à l'universalisation et l'uniformisation, aux quelles aucune société n'échappe ; et qui menace à son tour le passage d'un héritage du passé, pour les générations futures, qui fondent leurs identités.

De nos jours ; l'architecture de terre est revenue offrant une source d'inspiration pour les architectes ; ou elle joue un rôle éminent dans l'éclaircissement du patrimoine local des régions, souvent liées à de véritables expressions de valeurs. Elle participe fortement au développement social, culturel, en respectant l'environnement. L'objectif de ce chapitre est de bien présenter l'architecture en terre comme une leçon d'architecture et de patrimoine, en montrant l'évolution de cette architecture, les valeurs et l'originalités des œuvres anciennes construite en terre, ainsi que les avantages relatifs à celles-ci.

1 . Evolution de la notion du patrimoine :

Le terme "patrimoine", qui vient du latin « patrimonium », découlé de « pater monère » signifiant « ce qui appartient au père de famille », exprimait moins la paternité physique qu'une valeur sociale : c'est l'homme représentant la suite des générations¹. Selon Le Littré (édition de 1960), le patrimoine est un bien d'héritage qui descend suivant les lois, des pères et mères à leurs enfants. C'est aussi en Grèce antique, la terre qui comblait les besoins d'une famille. Cette terre transmise de père en fils et d'une génération à une autre, sans être ni vendue, ni échangée.

Par la suite Ce concept a connu une évolution notamment après l'âge des lumières, aussi fut institutionnalisée avec la révolution française après la destruction et le vandalisme de plusieurs monuments et sanctuaires en liaison avec l'ancien régime , la notion de patrimoine s'est donc élargie passant des monuments de différents types de biens patrimoniaux relevant non seulement du domaine de l'archéologie mais touchant différents édifices urbains ou ruraux, industriels ou religieux, public ou privé..., arrivant aujourd'hui aux ensembles bâtis, et embrassant toutes les périodes historiques, y compris les ouvrages de période contemporaine , sans oublier le patrimoine non bâti, culturel, et le patrimoine immatériel.

¹Le Robert, Dictionnaire étymologique du français, 1985.

1.1 Architecture en terre composante du patrimoine architectural :

Le phénomène urbain s'est accéléré au cours des derniers siècles en portant et s'influçant par des modèles venus d'une région ou d'une autre ; d'une époque ou une autre, malgré ça plusieurs villes gardent des marques plus ou moins visibles de ces premières installations, qui présente leurs empreintes originales, ces villes respectent et valorisent encore leur patrimoine avec ses dimensions : matériel et immatérielle. Cette combinaison modernité/histoire figure parmi les enjeux des débats et des affrontements des traditionalistes et des modernistes de nos jours ; ce qui a été aussi souligné par Karim Mechta : Si nous voulons être authentique en conservant, en gelant le passé, comment pouvons- nous être, moderne sans déchirure?¹ , mais malgré cette situation certaines villes ont pu garder le statut de villes historiques internationalement reconnu.

Certains ouvres architecturaux ont un caractère très spécial, issu de l'intelligence de la conception et la composition, qui fait appel à des cultures constructives permettant une utilisation idéale des matériaux en fonction des moyens disponibles, et prévoyant dès la construction les besoins d'entretien. Parmi ces génies créations humains on trouve celle construite en terre, qui présente un fort élément racontant l'histoire de l'existence à travers le patrimoine mondial.

En 1980 du 29 septembre au 4 octobre lors du troisième symposium international sur la préservation de la brique crue (adobe) présenté à Ankara en Turquie ; le monde avait déclaré une interprétation et définition officielle de l'architecture de terre : le terme architecture de terre s'applique à toute l'architecture, occupée ou abandonnée, historique ou temporaire qui est construite partiellement ou entièrement en terre. Cette architecture doit être considérée en relation avec son environnement, qu'il soit naturel ou construit par l'homme.

« Depuis près de 10,000 ans que les hommes bâtissent des villes, la terre crue a été et demeure, à travers les traditions historiques et populaires, l'un des principaux matériaux de construction utilisés sur notre planète. C'est ainsi que plus d'un tiers des habitations du globe vit aujourd'hui dans des habitats en terre »² d'après Hugo Houben et Hubert Guillaud. L'expression « architecture de terre » désigne l'ensemble des édifices maçonnés en terre crue, et déloge à la fois l'architecture de brique (terre cuite) et les cavités creusées dans les sols meubles »³.

¹ Karim Mechta (De l'authenticité à l'innovation) « patrimoine, tradition et modernité » Edition publisud 1991 P43

² Hugo Houben et Hubert Guillaud, le traité de construction en terre, Parenthèses, Marseille 2006

³ <http://www.universalis.fr/encyclopedie/architecture-materiaux-et-techniques-terre/>.

1.1.1 La relation entre l'architecture en terre et le patrimoine

La relation entre l'architecture de terre et le patrimoine est une relation puissante et pérenne. Elle représente un axe d'une importance majeure sur le plan culturel et identitaire mondiale. C'est un patrimoine commun de toute l'humanité à travers les temps, dont il faut le sauvegarder et protéger par la communauté internationale pour assurer son passage aux générations futures.

La plupart des régions du monde ont pu conserver une culture vivante des architectures en terre qui existe encore de nos jours. Que ce soit au Maghreb, en Afrique subsaharienne, au proche ou en extrême Orient, en Amérique latine et centrale ou dans le grand sud-ouest des Etats-Unis, les noyaux historiques de nombreuses villes, bâtis en terre, adobe notamment, sont encore habités, et donnent encore des leçons de savoir-faire et d'une meilleure exploitation des matériaux locaux et l'environnement par nos ancêtres.

En 2011, plus de 10% des biens culturels inscrits sur la liste du patrimoine mondial incluaient des structures en terre et environ 1/4 des sites inscrits sur la liste du patrimoine mondial en danger sont des sites en terre. La liste du patrimoine mondial de l'UNESCO compte à l'heure actuelle 563 biens culturels dont 96 sont partiellement ou totalement construits en terre.¹

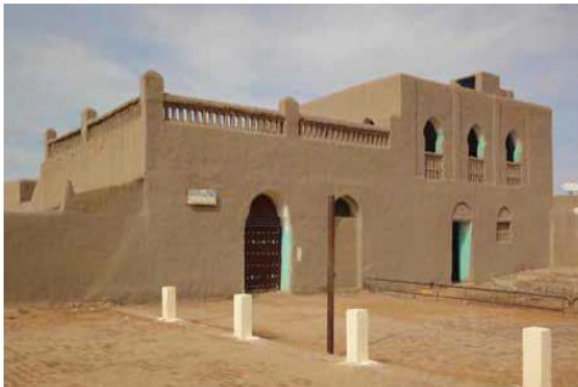
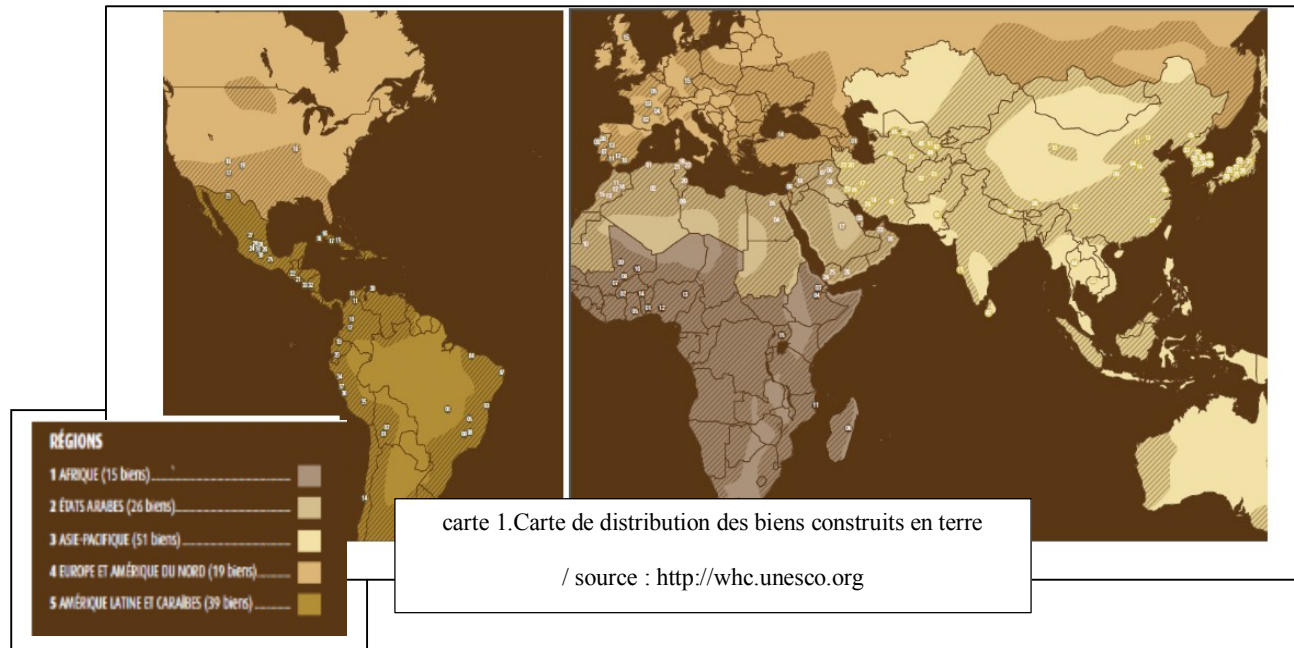


Figure 1. La maison des jeunes, Djenné, Mali. (Source : Craterre).



figure 2 Mosquée de Djenné, Mali. (Source : Craterre).

¹ Patrimoine culturel et développement local- édition Craterre-ENSAG/ convention France- UNESCO.



Cette classification et valorisation des biens en terre confirme l'importance de l'architecture de terre en termes de patrimoine et source originale et témoigne sur un génie humain. Cependant, ce patrimoine apparaît de plus en plus en danger, et les causes sont à la fois naturelles et humaines : changement climatique, inondations, tremblements de terre, industrialisation, urbanisation, technologies de construction moderne, disparition des cultures traditionnelles de construction et de conservation, etc.

Dans ces conditions, il n'est pas surprenant que plus d'un tiers des sites inscrits sur la liste du patrimoine mondial en risque appartiennent à la famille de l'architecture de terre. Ce constat a mis en évidence la nécessité pour la communauté internationale de se mobiliser fortement pour améliorer les conditions de la sauvegarde du patrimoine bâti en terre le plus remarquable et d'informer largement sur ses capacités de contribution aux projets d'amélioration des conditions de vie et de lutte contre la pauvreté.

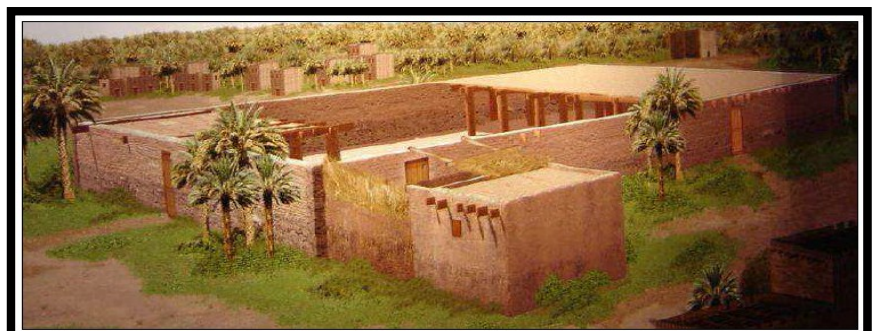


Figure 1. Restitution de la maison-mosquée du Prophète construite en terre
Source : <http://www.umtef.com/>

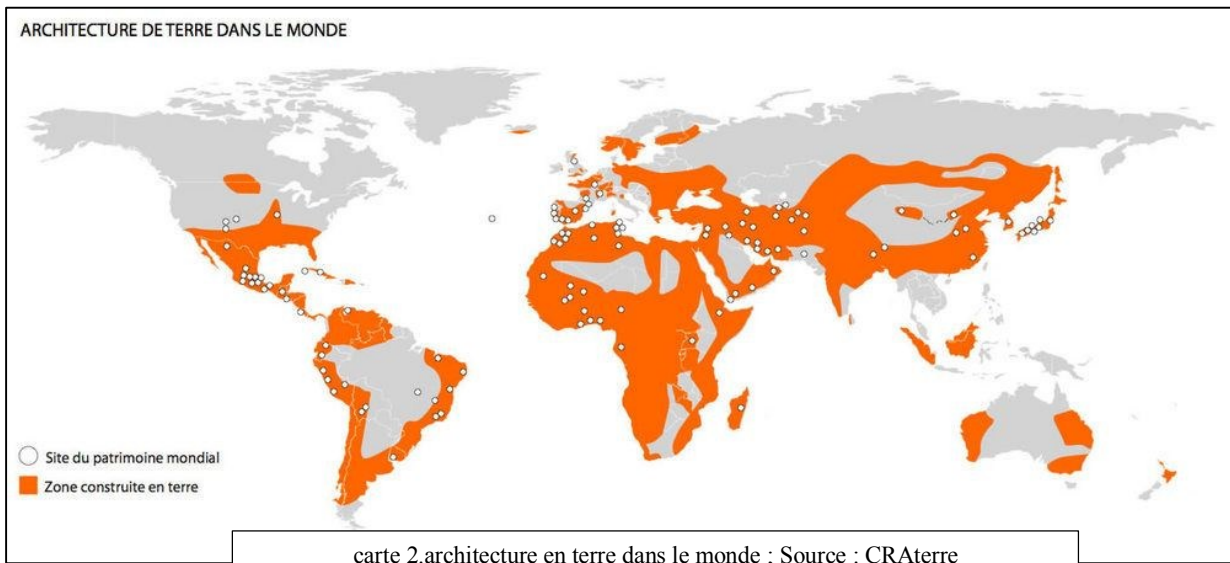
1.2 L'évolution de l'architecture en terre :

1.2.1 L'évolution historique

L'architecture en terre est l'une des formes architecturales les plus anciennes que l'homme avait utilisée. C'est la plus répandue dans le monde depuis des millénaires où la plupart des régions ont conservé une culture vivante de construire en terre ; Un tiers de l'humanité vit en effet dans une habitation en terre. Que ce soit, en Afrique, au proche ou en extrême Orient, en Amérique latine et centrale ou dans le grand sud-ouest des Etats-Unis, les centres historiques de nombreuses villes, bâtis en terre, sont encore habités.



Figure 2. Shibam, la «Manhattan» du désert, Yémen
Source : N.BEKRI



carte 2. architecture en terre dans le monde ; Source : CRAterre

La terre était toujours mise en œuvre sur toute la surface du globe (), elle était accessible à la main de l'homme¹. Ce qui a motivé les gens à exploiter cette matière dans leurs constructions. Commenant par l'antiquité jusqu'au nos jours, les archéologues témoignent que cette matière était employée dans presque toutes les civilisations :

- Les origines des traditions populaires de l'architecture de terre remontent aux sources de l'histoire des villes de l'humanité. C'est en terre crue, en effet, que furent édifiées en

¹Nadia HOYET, matériau et architecture durable, ED Dunod, Paris, 2013, p157.

Mésopotamie, il y a quelques 10000 ans, les premières agglomérations urbaines : Jéricho semble avoir été la plus ancienne¹ Les premières cités découvertes dans l'ancienne Mésopotamie étaient construites en terre crue ; La technique utilisée est alors l'empilement de pains de terre façonnés à la main.

- 11000 ans : premières traces de la construction en terre dans l'Amérique de sud.
- 10000 ans : en Syrie construction en terre par empilement de pain de terre façonné à la main.
- 8500 ans : l'apparition de brique de terre en Turquie.
- 8000 ans : l'utilisation de la terre dans l'habitat en Europe occidentale
- 5000 ans : l'apparition de premières villes d'architecture de terre crue en Mésopotamie. Ces cités sont découvertes avant l'invention de l'écriture telle que Tchoga Zambil en Iran.²
- La première évolution viendra de Chine, où au 3ème siècle av. J.-C., les premières sections de la « Grande Muraille » seront construites en briques de terre crue, puis en briques de terre crue compressées.³
- Dans les vallées de la Mésopotamie, de l'Égypte, de l'Inde et de la chine, les terres alluvionnaires et la paille ont permis la mise au point des technologies multiformes, pour se diffuser en Afrique, les premières utilisations remontent à 8000 ans⁴, on trouve par exemple la pyramide de Saqqarah, par la suite, elle est utilisée s'étend sur tout le continent, produisant une diversité et une richesse architecturale exceptionnelle, témoigné par exemple par : la mosquée de Djenné qui est le plus grand édifice construit en adobe
- La terre n'est pas le matériau ni l'architecture des pauvres, elle permet de se loger dans des conditions très confortables, en témoigne les architectures de passée comme le Palais de



Figure 3. Tchoga Zambil en Iran
source : BEKRI, 2016

¹ DETHIER Jean, Des architectures de terre, l'avenir d'une tradition millénaire, Ed Centre Georges Pompidou, Lyon, 1982, p21

² Salima AHMED ALI EP AIT KADI, performance thermique du matériau terre pour un habitat durable de la région aride et semi-aride cas de Timimoune, mémoire de magister, Tizi Ouzou, 2012, p9.

³ Rapport de conférence Internationale Francophone NoMaD 2015_Mines Douai .page2

⁴ JLOK Mustapha, Habitat et patrimoine au Maroc Présaharien, mémoire de fin d'étude Professionnelles approfondies, 1999-2001, Egypte, p08.

l'Alhambra à Grenade (Classée patrimoine mondial par l'Unesco depuis 1984). Elle n'est pas réservée à l'habitat individuel et aux petites constructions naïves et simples mais elle a déjà répondu au besoin de densité par des constructions collectives qui peuvent atteindre 6 étages comme par exemple la ville de Shibam dans le Yémen surnommé « la Manhattan du désert » (XVI^{ème} siècle) ou ce que l'on peut considérer comme les premiers logements collectifs de l'histoire construit par les Chinois au (XII^{ème} siècle) rassemblant près de 800 personnes d'un seul tenant: c'est dire à quel point ce matériau, réactualisée avec nos moyens modernes et notre force mécanique, peut présenter un grand potentiel.¹

- En Europe occidentale ; Les premières marques de construction en terre crue reviennent de 6000 ans av. J.-C.
- Après la Seconde guerre mondiale et suite à la révolution industrielle, la construction en terre crue a été écartée après l'utilisation de matériaux nécessitant moins de main-d'œuvre, que ce soit en Europe ou dans le monde entier. Elle a énormément perdu de sa valeur suite au mouvement général de l'évolution de l'architecture (mise en œuvre plus rapide, matériaux industrialisés prêts à l'emploi, performances plus poussées, lois imposant des standards à peine flexibles...)
- Le monde a assisté à une recrudescence des architectures de terre dans les régions du Sud européen dans les années 70 suite au choc pétrolier, ou le monde a lancé des recherches d'alternatives à l'utilisation des ressources non-renouvelables. L'Europe est donc à la pointe du renouveau des architectures en terre, en France, puis en Allemagne et en Italie et actuellement en Autriche et au Portugal.



Figure 4. tombeaux de la nécropole de Bagawat édifiés il y a 1500 ans.

Source fig.7et 8:
DETHIER, sans
date

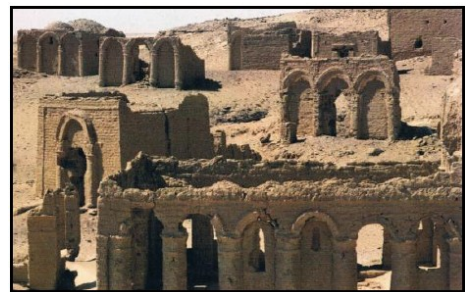
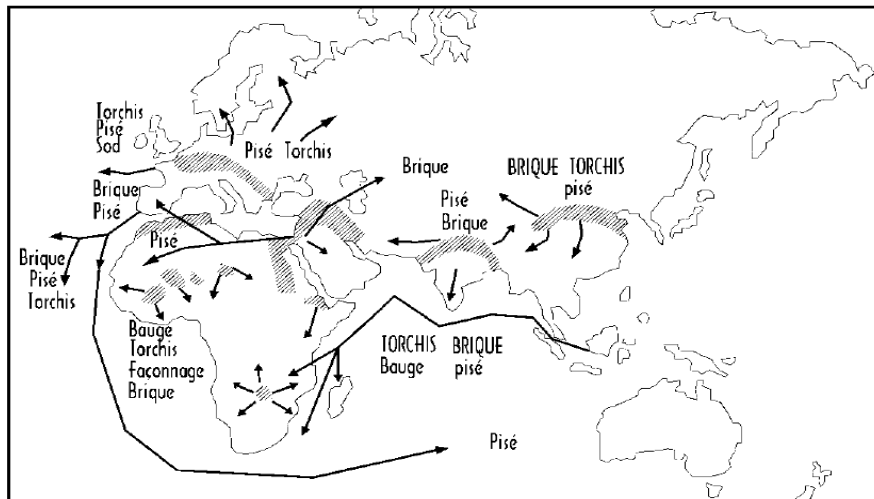


Figure 5. Vestiges d'un stûpa édifié au VI^e ou au VII^e siècle à Yâr, dans la région du Tourfan, en Chine.

1.2 .2 L'évolution géographique

¹ Rapport de conférence Internationale Francophone NoMaD 2015_Mines Douai .page2

Terre crue, banco ou adobe sont les termes utilisés pour désigner la terre, utilisée avec le moins de transformations possible en tant que matériau de construction ; d'après les statistiques sur l'utilisation de la terre dans le monde, 30% de la population mondiale vit dans des habitations en terre (carte 03 et 04). 50% de ces constructions sont rurales et moins de 20% sont urbaines et préurbaines ; à titre d'exemple, le Pérou par ses fameuses habitations en adobe et en pisé.



carte 3. Les régions de développements de l'architecture en terre ; Source (Houben H et al 2006)



carte 4. Zones de répartition des architectures de terre inscrites sur la liste du patrimoine mondial de l'UNESCO

Source : FONTAINE Laetitia, ANGER Romain, *Bâtir en terre*, Ed Belin.

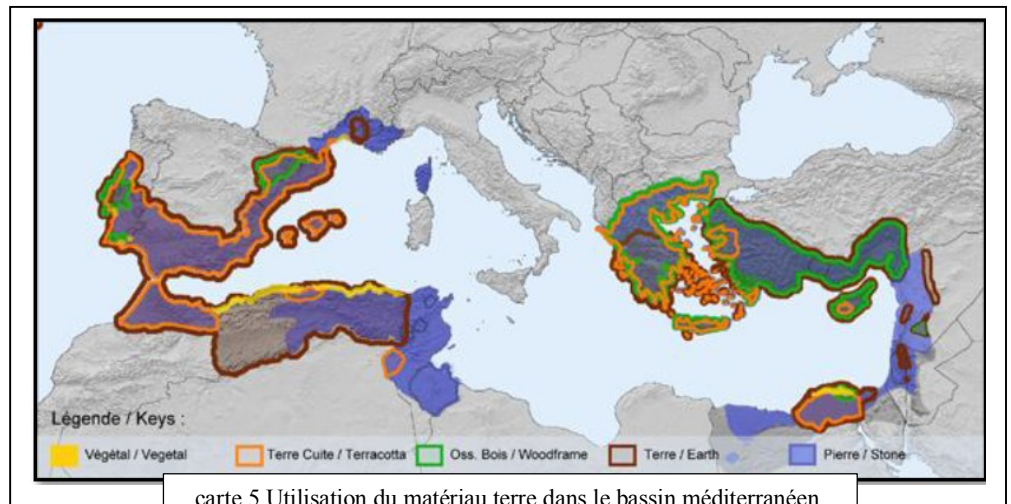
En Inde, 67 millions de maisons sont en terre et en Afrique la plupart des constructions rurales sont en banco ainsi en Afrique du Nord et en Egypte. Cette diversité des régions exprime la variété de la technique de construction, donc la terre offre depuis longtemps une facilité de mise en œuvre, dont la construction était autonome (les habitants construisaient eux même leurs habitats). Confronté à la crise de l'énergie et à une crise économique, les pays industrialisés développaient

un discours sur le renouveau du matériau terre et la recherche d'application. Cela dans le but d'employer la terre pour construire une prospective universelle¹

En Afrique l'évolution humaine est considérable, signée par les différentes civilisations. Notamment l'égyptienne qui fut duré près de 3 millénaires, en réalisant des cités en terres comme celle d'el-Fayoum, correspond à des habitats en roseaux et de branchages enduits d'argile remplis de mottes de terre. La civilisation s'est développée dans l'Égypte dynastique (2900av.jc) en utilisant des nouvelles techniques de constructions en terre telle que : la brique de terre (modelé et moulé puis séché sous le soleil). C'est par cette technique que les premiers mastabas funéraires avaient été construits. L'autre technique c'est le mur de brique talutes utilisés dans le sanctuaire de Saqqarah.

La terre était réservée à l'architecture civile (maison rurale) et aussi à la demeure des nobles. Les civilisations méditerranéennes avaient influencé les formes et les techniques utilisées en Afrique du nord ; ils ont pu contribuer à la diffusion de brique crue et pisé. Ainsi, l'Afrique de l'est était influencée par les arrivistes de l'océan indien qui utilisent le torchis et le façonnage direct, la

bauge et la brique à titre d'exemple Ksar de Moughel et Ksar de Ait ben Hadou au Maroc.² Cette diversité de la technique dans le continent africain implique la richesse des cultures constructives en terre.



carte 5.Utilisation du matériau terre dans le bassin méditerranéen.

Source : <http://www.meda-corpus.net>.

¹ Hugo HEUBEN et Hubert GUILLAUD, Traité de la construction en terre, Ed Parenthèse CRATERRE, p16

² HOU BEN Hugo, GUILLAUD Hubert. Op.cit, p18.

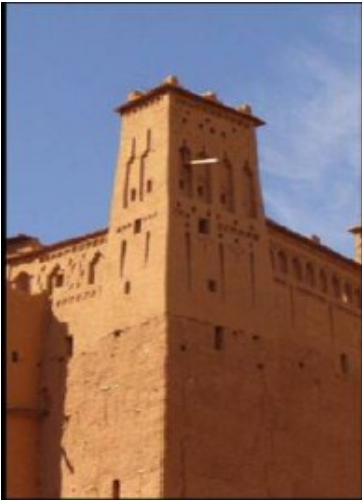


Figure 7. Ksar de Ait ben Hadou au Maroc (Source Craterre).



Figure 6..ksar de Moughel BECHAR (Source Pascal MAILLARD, Construire en terre : passé, présent, futur, PDF).

2. Intérêts et inconvénients de la construction en terre :

2.1 Intérêts et avantages :

Le matériau terre est utilisé depuis des siècles .Les artisans et les auto-constructeurs qui ont travaillé avec la terre crue ont confirmé que la souplesse du matériau facilite sa mise en œuvre¹.

La construction en terre a prouvé sa durabilité et sa bonne intégration dans le paysage. De son extraction et sa mise en œuvre, ce matériau ne subit aucune transformation polluante. En cas de destruction, il peut être réutilisé pour ériger d'autres murs. Il est recyclable à l'infini².

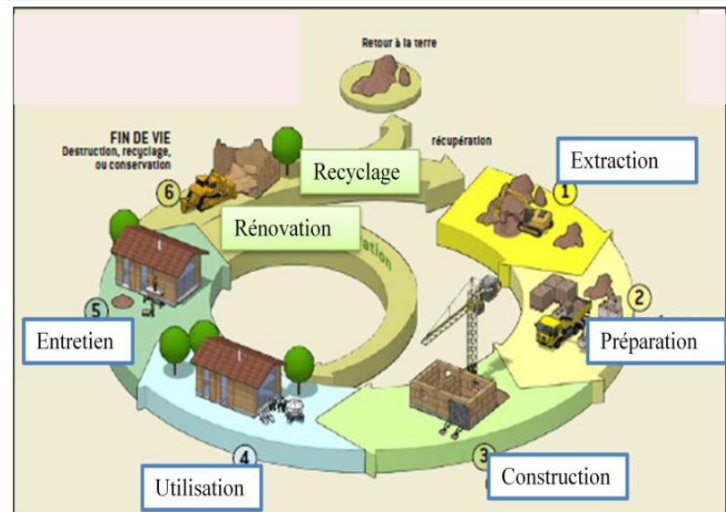


Figure 8. Le cycle écologique vertueux des architectures de terre : de la terre à la terre.
Source : MORISET Sébastien, MISSE Arnaud

¹ <http://www.asterre.org/construire-en-terre>

² MORISET Sébastien, MISSE Arnaud, rénover et construire en pisé, Parc naturel régional L Forez, 2010, p01, disponible sur : <http://pise-livradois-forez.org>.

Ce matériau était classé comme équivalent de pauvreté. Mais grâce à plusieurs raisons, la terre a été revalorisée et intégrée dans la construction ; notamment l'écologique.

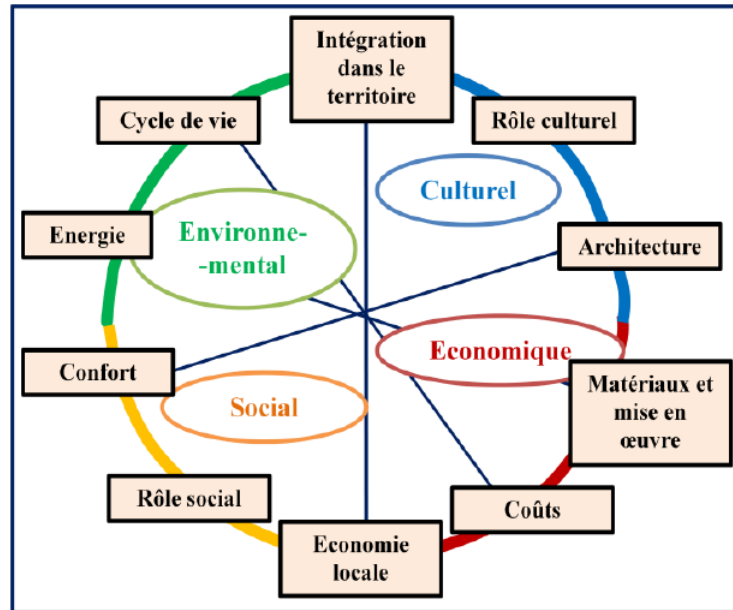


Figure 9.les Intérêts du matériau terre ; Source : Mme BELAID Wafa

2.1.1 Les intérêts socio-économiques :

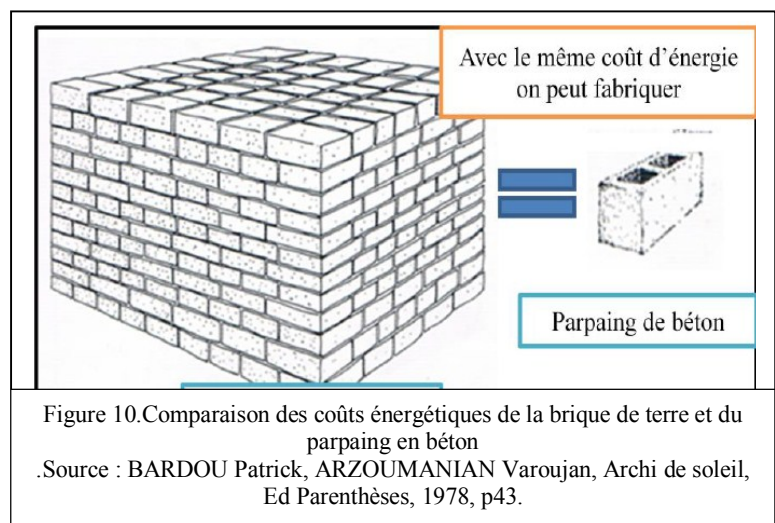
- La construction en terre donne un nouveau souffle pour le marché d'emploi avec sa diversité de fabrication (manuelle, artisanale et industrielle).
- Nombreux exemples à travers le monde illustrent l'action effective de la revalorisation de l'architecture en terre sur le plan social et économique d'une société. Elle permet d'offrir une variété de logements allant du social collectif à l'habitat de haut standing¹, et aussi des équipements publics.
- La terre appartient à l'héritage architectural traditionnel en utilisant des matériaux locaux²et naturels. Elle est moins chère à cause de sa disponibilité dans la nature³.

¹ DUBOST Olga, Environnement et ville durable, les matériaux, Ed Weka, Octobre 2011, p2.

² Tahar BERRAHAIL, La terre un matériau de construction, une alternative pour une solution durable, mémoire de magister, Constantine, 2009, p84

³ Safia SALMI, La construction en pisé entre performance énergétique et perception des usagers cas de village kabyle Ait Achir, mémoire magister, Tizi Ouzou, 2014, p9

- Elle ne demande qu'une légère infrastructure de fabrication ; donc pas de coût majeur de transport
- Au Maroc, la réalisation de logements sociaux « Tan Tan » montre que l'utilisation de la terre dans la construction avec un savoir-faire local appuyé d'une technologie adaptée peut faire baisser sensiblement le prix des logements qui peut atteindre 50% du prix de réalisation avec des matériaux conventionnels¹ (béton, brique cuite, aggloméré de ciment...).
- Un matériau local participe à la stabilisation de la population rurale tentée vers la migration vers les grandes villes²
- Dans notre pays, les études faites par le centre national d'études et de recherche intégré au bâtiment (CNERIB), montre que l'utilisation de la terre comme matériau de construction peut réduire le coût global à 32% par rapport au béton armé ; le coût global des habitations, comparées à l'utilisation des matériaux conventionnels³



- La terre en tant que matériau localement produit favorise un développement économique local et peut être un bon moyen de stabilisation des populations rurales tentées par la migration vers les grandes villes à cause de la pauvreté⁴.

¹ CRATerre, Marrakech 87 Habitat en terre, Ed. CRATerre, Grenoble, 1987, p 222.

² Safia SALMI, La construction en pise entre performance énergétique et perception des usagers cas de village kabyle Ait Achir, Tizi Ouzou, 2014, p10

³ CNERIB, Conception de logements économiques à base de produits localement disponibles, Ed CNERIB, 2000, p31.

⁴ Ministère de l'habitat (Maroc), Actes du séminaire sur la construction en matériaux locaux, avril 1986, p 269

- Elles procurent des métiers et du travail à une main d'œuvre relativement abondante. Et 50% environ du prix de revient de la construction d'un bâtiment en matériaux de terre est à la main-d'œuvre. Ces matériaux en Terre (pisé, adobe, etc.)¹.

2.1 .2 **Les intérêts écologiques et environnementaux :**

- La terre est une ressource locale, abondante et renouvelable
- Le matériau est biodégradable, recyclable²
- Le matériau terre est recyclable à l'infini
- Son émission de CO2 est très réduite, il n'engendre pas de déchets³.
- Les pays industrialisés sont de plus en plus sollicités pour diminuer les émissions de gaz carboniques donc la revalorisation de l'architecture de terre représente l'une des alternatives proposées par les chercheurs pour réduire ces taux⁴.
- Performance d'isolation tant en hiver qu'en été: Equilibre entre inertie et isolation⁵
- Une faible pollution dans la fabrication.
- La terre est un très bon isolant phonique.
- La terre utilise très peu d'eau en phase de transformation.
- La qualité d'isolation de la terre utilisée dans la construction permet d'économiser de l'énergie. En effet, les expériences menées en Allemagne montrent que le procédé de la terre couvrante connu tout autant sous les climats chauds que les climats froids, permet d'atteindre des gains en énergie allant de 50% à 90% pour une couche d'argile expansée couverte de 40 cm de terre gazonnée comparé à l'isolation classique de toitures⁶

2.1 .3 **Intérêt et Impacts sur la santé et le bien-être :**

- L'intérêt principal de la terre est sa forte capacité de régulation naturelle de l'humidité et de la température⁷
- La terre est un organisme sain, non toxique, n'émane pas de substances nocives et surtout pas de COV (composés organiques volatils).

¹ <http://www.leconomiste.com/article/materiaux-de-construction-traditionnels-un-bilan-des-recherches-et-des-experiences>

² LITTLE Becky, MORTON Tom, Building with earth in Scotland, Ed. CRU, Edinburgh, 2001, p 11

³ <http://www.climamur.fr/techniques-d-isolation/brique-en-terre-crue/>

⁴ LITTLE Becky, MORTON Tom. Op. cit., p9.

⁵ <http://terrepaille.fr/avantages>

⁶ Hugo HEUBEN et Hubert GUILLAUD, Traité de la construction en terre, Ed Parenthèse CRATERRE, p166.

⁷ Ibid.

- Avec des murs de l'ordre de 30 à 50 cm d'épaisseur, le confort d'été devient appréciable, surtout en période de canicule, sans recours à la climatisation¹.
- les murs en terre régulent l'hygrométrie de l'air intérieur ()Par exemple, une brique de terre crue peut retenir jusqu'à 3 % environ de son poids en vapeur d'eau²

2.2 Les inconvénients de la terre :

- ce genre de matériau résiste mal à la pluie³, il nécessite un traitement spéciale et périodique.
- Faible résistance à la traction et au cisaillement⁴
- Fragilité sismique ;Les structures d'adobe et de pisé sont sensibles aux effets des tremblements de terre ; mais il existe toutefois des techniques de construction simples qui permettent aux édifices de terre crue de résister à ces phénomènes naturels⁵
- Problèmes de : fissuration, flambement, effondrement et décomposition de matériau. ()peut affaiblir la structure⁶
- Sensibilité à l'eau ; il agit sur la fondation par la remonté de la nappe phréatique ou l'infiltration d'eau de la pluie par les fissures provoque un tassement, cisaillement et dégradation d'enduit des murs.

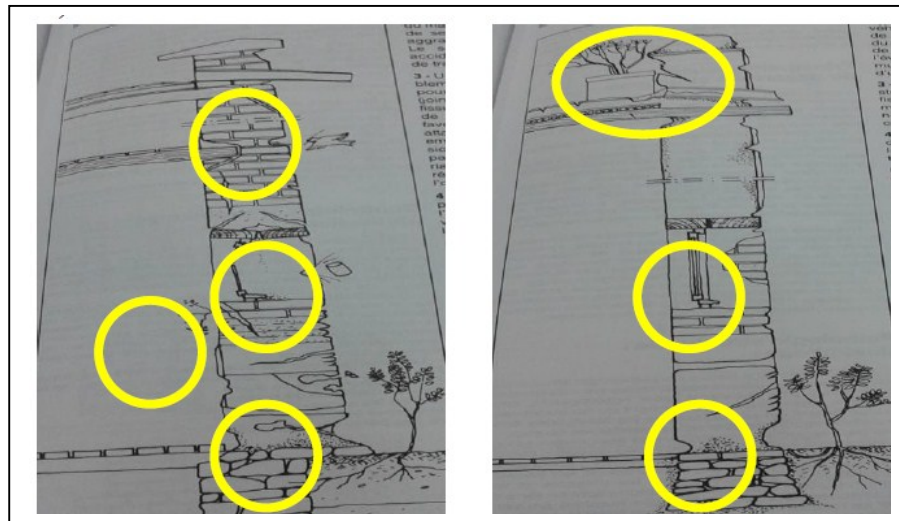


Figure 11. pathologies de la structure en terre

(Source : Hugo Heuben et Hubbert Guillaud, 2013)

¹DUBOST Olga, Environnement et ville durable, les matériaux, Ed Weka, Octobre 2011, p2.

²LITTLE Becky, MORTON Tom, Building with earth in Scotland, Ed. CRU, Edinburgh, 2001, p 9.

³ <http://www.leconomiste.com/article/materiaux-de-construction-traditionnels-un-bilan-des-recherches-et-des-experiences>

⁴ <http://www.qualirenoeco.com/Guide/tkTerreCrue.html>

⁵ <http://www.sitiosolar.com/fr/la-construction-en-terre-crue-la-brique-dadobe-et-le-pise/>

⁶ HUGO HEUBEN et HUBBERT GUILLAUD, Traité de la construction en terre, Ed Parenthèse CRATERRE, p33

3 . Le patrimoine en terre ; rejet et crise identitaire :

3.1 Le rejet de l'utilisation de la terre dans la construction :

Malgré l'importance du matériau terre et son rapport fort avec le patrimoine qui présente l'identité des peuples, un rejet est remarqué de la part de la population ; et une marginalisation de ce matériau pour différentes raisons ; dont les chercheurs ont convenu que le plus important sont :

3.1.1 Un rejet socio-culturel

La majorité de la population pauvre vit dans des constructions en terre. Abandonner une construction en terre, c'est en quelque sorte un premier pas symbolique pour sortir du sous-développement¹

De plus, les constructions actuelles permettent de ne plus avoir à effectuer les entretiens annuels contrairement aux constructions en terre qui nécessitent des entretiens avant ou après la saison des pluies, ce que les gens ne veulent plus faire. Ils veulent se libérer de ces contraintes.²

De plus, les « élites » des pays, dont les responsables politiques et les architectes ont pour la plupart tous étaient formés en occident, à l'époque où l'on ne parlait que du béton. Ils n'ont donc pas été sensibilisés au contexte de leur pays et lorsqu'ils sont rentrés ils ont appliqué ce qu'ils avaient vu ailleurs, ce qui pour eux était synonyme de changement et d'évolution. Malgré les beaux discours sur les qualités de la terre, rares sont les personnes qui choisissent de montrer l'exemple en construisant leurs biens en terre³.

3.1.2 Un rejet d'ordre technique et pratique

L'échec de certains projets n'a pas permis de donner une bonne image des matériaux appropriés et les succès sont malheureusement peu connus par la majorité de la population car souvent ils sont aux bénéfices des populations les plus riches ou bien des touristes.

Pour justifier l'utilisation d'un nouveau matériau dit « approprié », il faut que celui-ci soit vulgarisé et donc accepté par la population, étape que les trois dernières décennies de promotion de construction en matériau terre n'ont pas franchie. Pour cela, il faut que le matériau soit concurrentiel avec ceux de construction conventionnelle, qui ont convaincu la population qui ne

¹ Craterre, Ornano, Le bloc de terre comprimée : éléments de base, Craterre-EAG/BASSIN, Allemagne, 1991, p24.

² Roland SLUTZ, Mukerji KIRAN, Michel KLEIN, Matériaux de construction appropriés, Un catalogue de solutions potentielles, SKAT Publications, St. Gallen, Juin 1996, page 12.

³ Rigassi, Blocs de terre comprimée : Volume I Manuel de production, Craterre-EAG/ GATE, Allemagne, 1995, page 20

rêve que de construire en « dur »¹ ; sans oublier les difficultés réglementaires issues à l'absence de la volonté politique ont aussi une des causes du rejet ; aussi le manque d'encadrement et de formation spécialisé joue son rôle, dont généralement dans les villes, les maçons ont perdu ou ignorent les techniques de constructions traditionnelles et celles améliorées en terre.

En mentionnant ces deux causes ; ça ne veut pas dire qu'elles sont les seules ; mais Il y en a beaucoup, chacun selon sa zone, ce qui malheureusement a entraîné une perte d'identité.

3.2 L'architecture en terre et la crise identitaire :

La vie contemporaine et ses apports, nous a poussé certainement à vivre notre temps pleinement, et si cette vie diffère en fonction du temps ; pour y vivre nous sommes appelés à nous changer toujours et à y participer dans la production sur tous les plans.

Notre identité, c'est à nous de la produire en réagissant avec le monde qui nous entoure, ou l'on s'identifie sur tout ce qui nous personnalise².

On parlait d'une crise identitaire en architecture après la révolution industrielle et elle s'est révélée à la fin du 20ème siècle, où les spécialistes ont constaté la distance qui s'est créée entre l'homme et ses valeurs morales, la construction et l'œuvre architecturale ou artistique ne tenaient aucune identité auquel ils pourraient se relier.

Pour les architectes arabes et musulmans le choc fut plus dur car ils ont conclu que leurs patrimoine et riche en matière de ressources artistiques. Deux tendances distincts sont apparues, l'une conservatrice refusant tout éléments modernes, tout en se basant sur l'idée que le patrimoine est un produit brut qu'il faut reproduire intégralement. Cela a conduit à l'apparition d'un style d'architecture reprenant des signes et les archè types et a conduit à un clonage flagrant produisant une architecture de façades désuet de tout âmes et sens. L'autre libéral qui croit que les traditions, sont un produit intellectuel et matériel exprimant le passé et développant une certaine souplesse pour son intégration dans le cadre actuel moderne, enfin son principe ce base sur l'intégration au model moderne tout en tenant un regard sur le passé³

Bien que l'architecture ait évolué et elle a assuré une vie de luxe, le monde est désemparé, et reste toujours à la recherche de son identité, cherche un sentiment d'appartenance, cela a bien poussés

¹ Bruno MARCHAND /Jean-Claude BOLAY, ARCHITECTURE DE TERRE : L'utilisation des matériaux locaux dans les bâtiments scolaires au Mali, Craterre, Mali, 2008, page 28.

² د. عبد الباقي إبراهيم. المنظور الإسلامي للنظرية المعمارية. مركز الدراسات التخطيطية والمعمارية. مصر

³ د. قبيلة فارس المالكي. العمارة المعاصرة في العالم الإسلامي. هويتها وأثر التكنولوجيا فيها. جامعة بغداد. العمارة العربية الإسلامية. اشكالية الهوية. المؤتمر المعماري الأول لنقابة المهندسين المعماريين الاردنيين 7-10 سبتمبر 1998 عمان. ص 89

les architectes à réfléchir et à revenir au passé afin de quérir ce qui peut être une solution convaincante aux données actuels

Delà et selon Dr. EL ABDI ; nous considérons que le retour au patrimoine et son développement au sens de s'intégrer aux réalités actuelles, présente une solution convaincante à la question de la crise identitaire.¹ Ce retour doit être concrétisé selon Karim Mechta ; par ²:

- Poursuivre les recherches visant à mettre la lumière sur d'autres sites riche en matière de patrimoine architecturales ou autres (matériel et immatériel)
- Renforcer les liens entre les différentes recherches universitaires toutes spécialités confondues.
-

Conclusion :

L'architecture en terre est un héritage important qu'il faut revaloriser ; car la tradition est toujours un pionnier de développement. Malgré que ce matériau est rejeté relativement à certaines valeurs de sous-développement ; récemment il a marqué son retour innovateur de changement qui apporte des solutions parfaites et désirables. Cet héritage du passé équipé par des nouvelles démarches a donné à l'homme une nouvelle image sur ces choix et il a ouvert les portes vers une récente alternative responsable et consciente aux exigences actuelles.

Certainement, la terre est l'un des matériaux présentant des potentialités écologiques prometteuses avec les avantages et les propriétés qu'elle offre à la construction ; tous ce qui manque ; c'est une sérieuse prise en charge sur le plan de recherche, formation et surtout le plan législatif.

د. وضاح العابدي. العمارة العربية الإسلامية. إشكالية هوية العمارة العربية الإسلامية. إشكالية الهوية. المؤتمر المعماري الأول لنقلية المهندسين. المعماريين الأردنيين - 10 سبتمبر 1998 عمان. 21

² Karim Mechta (De l'authenticité à l'innovation) « patrimoine, tradition et modernité » édition publisud 1991 P46

Introduction :

La terre comme matériau de construction a probablement été utilisée depuis la période néolithique jusqu'à nos jours. Ce procédé constructif est simple et délicat à la fois, simple par la simplicité de la nature même de la matière ; la terre, mais délicat par sa mise en œuvre. L'homme a compris depuis longtemps que la construction en terre fournirait des édifices très résistants et solides capables de résister à travers les temps. Notamment la technique de pisé qui a pu servir à édifier tout type de constructions, des plus simples au plus sophistiquées ; de l'abri familial à la muraille défensive des grandes villes, temples, palais, forteresses, citadelles, casbahs, ksour, mosquées, églises. Ces ouvrages démontrent l'intelligence des cultures constructives qui ont traversé des millénaires, en offrant au monde une architecture puissante avec ses avantages, dus aux qualités inhérentes de la terre.

La terre fait partie des matériaux écologiques qui répondent aux critères de développement durable : performances techniques et fonctionnelles, qualité architecturale, durabilité, sécurité, facilité d'entretien, résistance au feu, à la chaleur, ...etc. Ce qui donne à l'architecture de terre un regain d'intérêt de la part des chercheurs et professionnels.

L'objectif de ce chapitre est de mettre la lumière sur la terre qui peut être considérée comme un matériau participant à une notion de durabilité. Aussi, nous nous proposons, de montrer dans le contexte de l'architecture de terre, les propriétés de cette dernière à travers des exemples réalisés dans le monde durant des siècles. Ensuite, pour comprendre de façon intrinsèque le matériau et l'utiliser au mieux nous expliquons les diverses méthodes de sa mise en œuvre.

1. La terre est-elle un éco matériaux ? :**1.1 Qu'est-ce qu'un éco-matériau ?**

Parmi les références dans le domaine d'intégration des matériaux bio-sources, « Le label Bâtiment Biosourcé » ; qui est destiné à tout acteur désirant une reconnaissance crédible de l'utilisation des matériaux participant à la réduction des problèmes environnementaux ,et selon la législation française ; d'après le Décret n° 2012-518 du 19 avril 2012 relatif au label « bâtiment bio-source » ; De manière schématique, il s'agit des matériaux d'origine animale ou végétale utilisés lors de la construction de bâtiments. Ces derniers sont généralement qualifiés de biomatériaux ou de matériau bio-source : il s'agit notamment du bois et de ses dérivés, de la paille, du chanvre, de la laine, de la plume. Ils présentent deux gains principaux sur le plan environnemental : premièrement ; la matière

dont ils sont issus est renouvelable, d'autre part, ils peuvent contribuer à la réduction des émissions de gaz à effet de serre et au stockage temporaire de carbone .¹

1.2 Les critères des éco-matériaux :

La définition d'un éco matériau résulte de plusieurs critères et de leur hiérarchisation, et peut donc varier d'une personne à l'autre : Certains mettront en avant les impacts sur la santé, d'autres ceux sur l'environnement². Le plus reconnu: l'éco-matériau c'est celui qui procure une éco-conception, comme a expliqué Mr. GOSSA.N : c'est ; Limiter les impacts environnementaux durant tout son cycle de vie et être recyclable après sa dégradation ; assurer des conditions de confort aux occupants du bâtiment pendant son exploitation et surtout ne pas présenter de danger pour la santé tant pendant la phase de mise en œuvre ni d'utilisation du bâtiment³ .

1.1 Pourquoi favorisé des éco matériaux ?

Dans nos jours l'éco-conception est la plus cherchée et voulu à tout prix, avec son organisation spatiale, intégration avec son environnement et notamment ses matériaux écologiques, qui présentent de nombreux avantages ; Parmi eux :

- Création d'emplois locaux et non dé-localisables
- Qualité de vie dans l'habitat et pour les ouvriers lors de la construction
- Faibles répercussions environnementales
- Moindre ponction sur les ressources naturelles
- Diminution de l'empreinte écologique de la construction
- Réduction du bilan en termes d'émissions de gaz à effet de serre.
- Un éco-matériau ne nuit pas à la santé et ne perturbe pas l'environnement électromagnétique.
- Un éco-matériau contribue à la diminution de l'impact environnemental du bâtiment dans l'ensemble de son cycle de vie, notamment en terme de maîtrise de l'énergie.
- Un éco-matériau a un bilan extraction, transformation, recyclage qui n'entraîne pas un gaspillage d'énergie.
- Une faible énergie grise (et plus globalement une analyse de cycle de vie favorable).

¹<http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000025713603&dateTexte=&oldAction=rechJO&categorieLien=id>.

² Les enjeux environnementaux et sanitaires du secteur du bâtiment, PDF.

³ Nabil GOSSA, Elaboration et caractérisation expérimentale du béton à base de fibres de palmier dattier, mémoire de master, Université Kasdi Merbah, Ouargla, 2013, p13.

- L'utilisation de ressources locales est écologique car elle permet de limiter le transport en masse de matériaux de construction, ce qui est très coûteux et polluant compte tenu des distances à parcourir et du réseau routier.¹

Et comme exemple d'éco-matériau on mentionne : La paille, Le chanvre, Le lin, La ouate de Cellulose, Le liège expansé, La laine de bois, La laine de mouton ; comme matériaux d'isolation et la pierre, la terre, le bois, le bambou ; comme matériaux de construction

Et dans ce qui suit, on va prendre le matériau « terre » ; un matériau susceptible de satisfaire aux critères écologiques.et sa participation dans le domaine de construction

2. La terre : de la nature à la construction :

2.1 Définitions

- « La terre est formée à partir d'une roche mère, par un processus très lent de dégradation et par des mécanismes très complexes de migration de particules ; il en résulte une infinité de types de terre avec une variété de caractéristique illimité. »²
- La terre représente la couche superficielle, meuble de la croûte terrestre résultat de plusieurs transformation³, chimique et mécanique. C'est pour ça la terre est une matière multiphasique, comprenant une phase solide, liquide et gazeuse.⁴La phase solide s'exprime par la transformation et la dégradation de la roche mère ainsi que le mécanisme très complexe des particules, l'eau présente la phase liquide et l'air la phase gazeuse.⁵



Figure 1.trois paysages d'érosion
Source : Delbecque , 2011

¹ ARCHITECTURE DE TERRE : L'utilisation des matériaux locaux dans les bâtiments scolaires au Mali, PDF

²Hugo HEUBEN et Hubbert GUILLAUD, Traité de la construction en terre, Ed Parenthèse CRATERRE, Marseille1989, p 29

³ Salima AHMED ALI ép. AIT KADI, performance thermique du matériau terre pour un habitat durable de la région aride et semi-aride cas de Timimoune, mémoire magister, Tizi Ouzou, 2012, p8

⁴ Tahar BERRAHAIL, La terre un matériau de construction, une alternative pour une solution durable, mémoire de magister, Constantine, 2009, p71.

⁵ Hugo HEUBEN et Hubbert GUILLAUD, Traité de la construction en terre, Ed Parenthèse CRATERRE, Marseille1989,p31

- La décomposition de la matière terre nous donne les éléments suivants : 63% grain, 33% air et 4% eau

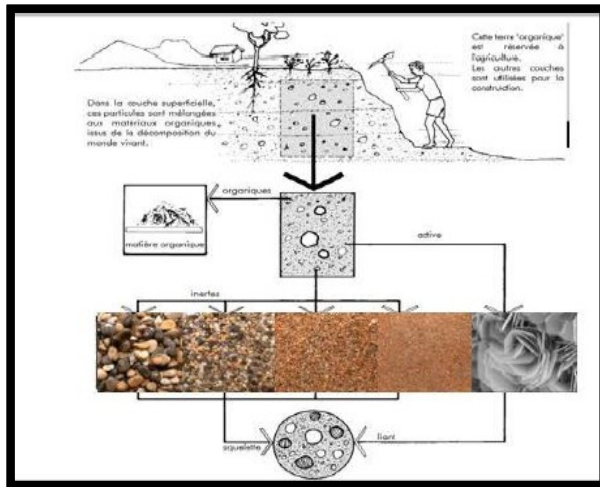


Figure 2.les couches du sol (Source : Wolferdo, L'adobe produire Et construire, festival archi terre)



image 1.les composantes de la terre (Source : B.N, festival archi terre, 2013)



image 2.Décomposition de la matière organique des sols ;source:Les Centres Inra

- « L'argile est une roche sédimentaire, incohérente d'un aspect terreux avec comme composante principale le silicate d'aluminium. Les roches argileuses, d'une récente origine, conservent en grande partie des caractéristiques des colloïdes avec lesquels elles sont construites. La plus importante est la capacité d'absorber de l'eau en grande quantité et se transformer en une masse pâteuse et malléable qui devient alors facile de la transformer en n'importe quelle forme. »¹

2. 2 La terre de la géologie a l'architecture :

La géologie et l'architecture en terre sont deux domaines inséparables ; mettant en valeur l'idée forte de Hassan Fathy que l'on construit avec ce que l'on a sous les pieds.

Pour mieux comprendre la nature de ce matériau ; il faut bien connaître l'histoire géologique de chaque grain ; avec la terre, on fait un béton naturel, c'est-à-dire et comme expliquait Mr.

BERRHAIL : « une roche reconstituée. Il existe des cycles de vie de la terre ou des sédiments,

¹ Galdieri E : Le meraviglie dell'architettura di terra cruda, edizione Laterza, Bari 1982, p 10.

qui proviennent d'une roche et qui vont reconstituer une roche. En construisant en terre, on reproduit ce mécanisme géologique qui se produit sur des millions d'années. La vision d'une histoire humaine qui s'inscrit dans une histoire géologique invite à reconsidérer notre place dans l'univers ».

Le fonctionnement de base de la matière en grains, invite à passer successivement de la géologie à la construction et à établir des liens entre les paysages, la matière et l'architecture.

Dans ce circuit initiatique, beaucoup plus que la découverte de lois qui gouvernent la matière, c'est une transformation des conceptions du monde qui est en jeu. On est tour à tour invité à changer d'échelle, à la fois au niveau spatial (de l'infiniment petit à l'infiniment grand) et temporel (temps humain et temps géologique) et à porter un regard attentif sur la nature¹

2.3 Composant et texture de la Terre :

Le matériau terre est constitué de plusieurs éléments :

- Les constituants gazeux : principalement de l'air ; représente l'atmosphère de la terre.
 - ✓ Les constituants de l'air sont l'azote, l'oxygène, le gaz carbonique.
 - ✓ On trouve aussi des gaz issus de la décomposition organique et de la respiration des êtres vivants : le gaz carbonique, l'hydrogène, le méthane...
- Les constituants liquides : principalement de l'eau ; représente la solution de la terre.
 - ✓ Les constituants liquides sont : l'eau, les éléments solubles dissous dans cette eau tels que corps organiques (sucres, alcools, acides organiques), et corps minéraux (acides, base et sels en partie dissociés en en partie dissociés en ions Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ , $PO4^{---}$, $SO4^{--}$, $CO3^{--}$, $NO3^{--}$, etc.).
- Les constituants solides : la matière minérale et la matière organique².

Pour faciliter leur identification, les composants minéraux ont été divisés en fractions granulaires qui sont situées entre des limites dont la définition est arbitraire.

- Caillou.....200 mm - 20 mm
- Gravier.....20 mm - 2 mm
- Sable gros2 mm - 0,2 mm
- Sable fin.....0,2 mm- 0,06 mm
- Boue0,06 mm - 0,02 mm
- Boue fine 0,02mm - 0,002 mm.
- Argile0,002 mm- 0 mm.

¹ Romain Anger & Laetitia Fontain, GRAINS DE BATISSEURS Ed craterre 2005

² Laetitia FONTAINE Cohésions et comportement mécanique de la terre comme matériau de construction, mémoire DPEA 2002-2004. P6. E.A.Grenoble

En général, seulement les particules solides comprises entre les catégories, gravier, sables limon et argile, sont reconnus et analysés comme sol¹»

La granulométrie d'une terre dans un diagramme est représentée par une courbe ; ainsi tous les procédés de granulométrie de terre en fonction des différents types de construction sont traités dans les travaux de CRAterre dans « construire en terre.» 1979 et « traité de construction en terre »1989. La granulométrie par tamisage permet d'identifier le pourcentage en poids des différents éléments d'une terre, ayant des dimensions supérieures à 0,04 mm.

Le procédé prévoit l'extraction d'un échantillon de terre, et le tamisage à travers une série de tamis à mailles toujours plus fines, à chaque tamis correspond un élément sélectionné différent, graviers cailloux, etc.

La terre est séchée et pesée, puis avec l'utilisation de l'eau on la fait passer à travers un tamis en la lavant soigneusement. Les résidus obtenus par tamisage sont à leur tour séchés et pesés. A chaque passage seront notés, sur une feuille, le poids et le pourcentage qui seront reportés sur un diagramme comportant en abscisse le pourcentage des grains sur échelle logarithmique et en ordonné le pourcentage correspondant sur l'échelle linéaire.

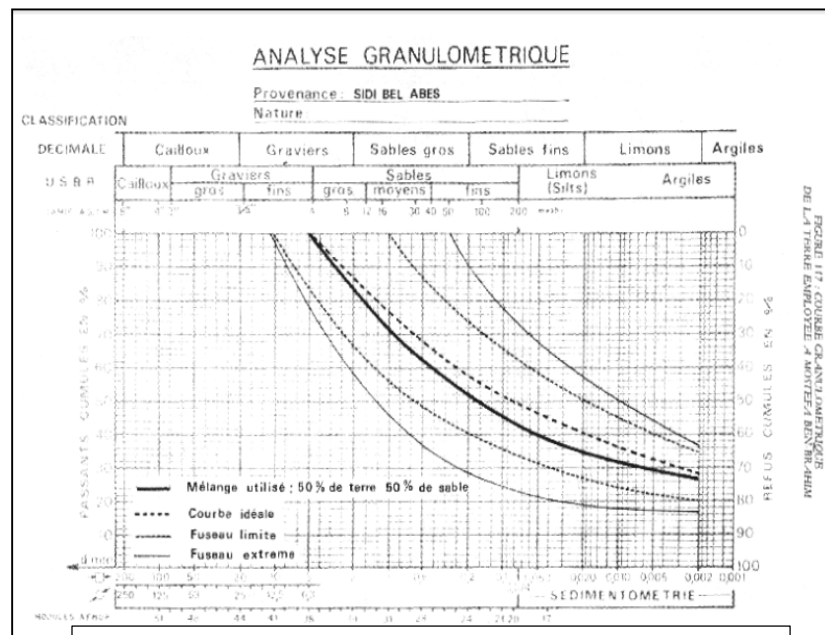


Figure 3. Exemple de graphe granulométrique. Source :

¹ A.Alva.J.M. Teutonico. Notas sobre la manufactura del bloque de adobe para restauracion de la arquitectura de tierra .» In simposio internacional y cursotoller sobre conservacion del adobe. Lima. PNUD, UNESCO, ICCROM, 1983.

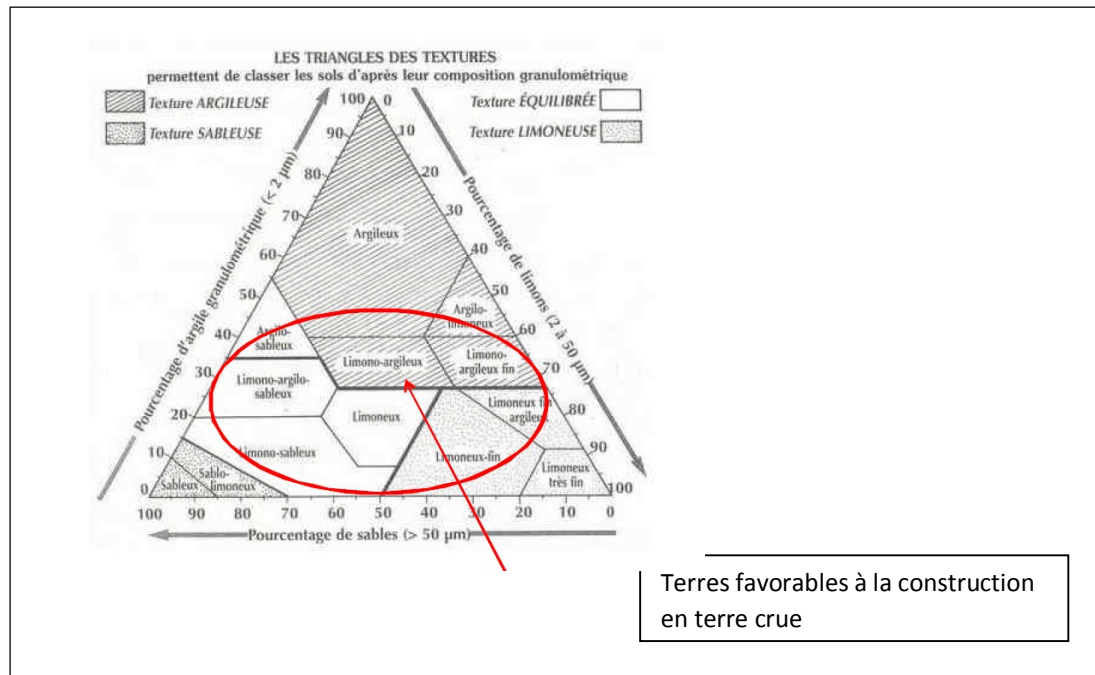
La texture d'un sol désigne la forme, la dimension et l'arrangement des particules minérales du sol, comme la formation d'agrégats par exemple. Elle détermine notamment la répartition dans l'espace des éléments solides et des pores (occupés par l'eau ou l'air). La texture de la terre présente un caractère hétérogène sur un domaine de dimensions extrêmement étendu.¹

La texture : c'est la composition granulaire d'une terre ; elle représente le contenu en pourcentage des différentes dimensions des grains de terre ; elle se mesure par analyse granulométrique, et par fraction de grosse graine pour le gravier le sable et le limon, et par sédimentation pour les argiles fines.

2. 4 Les minéraux argileux :

Le terrain normal contient des minéraux argileux et d'autres minéraux (feldspath, carbonate de calcium, quartz ...) qui forment normalement des particules plus grandes de celles de l'argile. Les composantes de l'argile du sol sont généralement classées uniquement sur la base des dimensions des particules. Luigi Piras est des premiers chercheurs Italiens à s'intéresser aux propriétés physique de la terre en 1927 ; il les a classés comme suite :

- Particules d'Argile inférieures à 2 microns.
- Particules de Limon Entre 2 microns et 50 microns.
- Particule de Sable Entre 50 microns et 0,2 millimètres.
- Particule de Gravier Supérieures à 0,2 millimètres.



¹ Laetitia FONTAINE, Op. cit., p 9

Figure 4. Triangle des textures

Un sol riche en argile est plastique et onctueux au toucher, il se contracte beaucoup quand il est desséché et forme des croûtes. Un sol riche en sable n'est pas plastique et il est granuleux au toucher. La désagrégation des différents types de roches sous l'action des agents atmosphériques donne Les argiles ; qui contiennent comme constituants capitaux l'oxyde de silice et l'oxyde d'aluminium nommé couramment silice (SiO_2) et alumine (Al_2O_3) successivement. Les cristaux d'argiles ont une forme hexagonale généralement très petites (inférieures à 2 microns) ; et ils sont particularisées suivant leur composition.

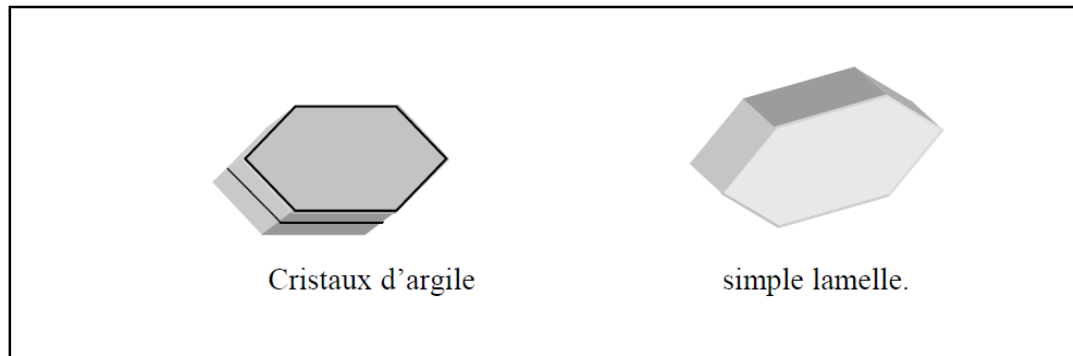


Figure 5; forme d'argile et de lamelle simple
Source : auteurs

Les argiles sont des microparticules à faciès lamellaire. Ce sont des phyllosilicates hydratés (du grec *phullon* signifiant « qui a l'aspect de feuille »). Leurs spécificités de taille et de forme les différencient des autres grains, leur conférant en particulier des propriétés de cohésion et de plasticité très importantes. Il est courant de considérer la terre comme un béton dont l'argile serait le liant. En réalité, si on observe la matière de plus près, on découvre que l'eau est le véritable liant de la terre. Les argiles sont juste des grains dont la taille et la forme particulières permettent aux forces capillaires d'être beaucoup plus importantes¹.

Les argiles sont en effet toutes constituées de feuillets d'épaisseur nanométrique. Elles appartiennent ainsi à la famille des phyllosilicates (du grec *phullon*, qui a l'aspect de feuille).

les chlorites apparaissent comme des sortes de grains plats hexagonaux. Ces plaquettes microscopiques sont constituées d'un empilement de feuillets, un peu à la manière d'un livre.²

¹ [http://: www.biogeosciences.org](http://www.biogeosciences.org)

² Romain anger ,Architectures de terre et diversité des matériaux granulaires, doctorat INSA de Lyon / ENSAG

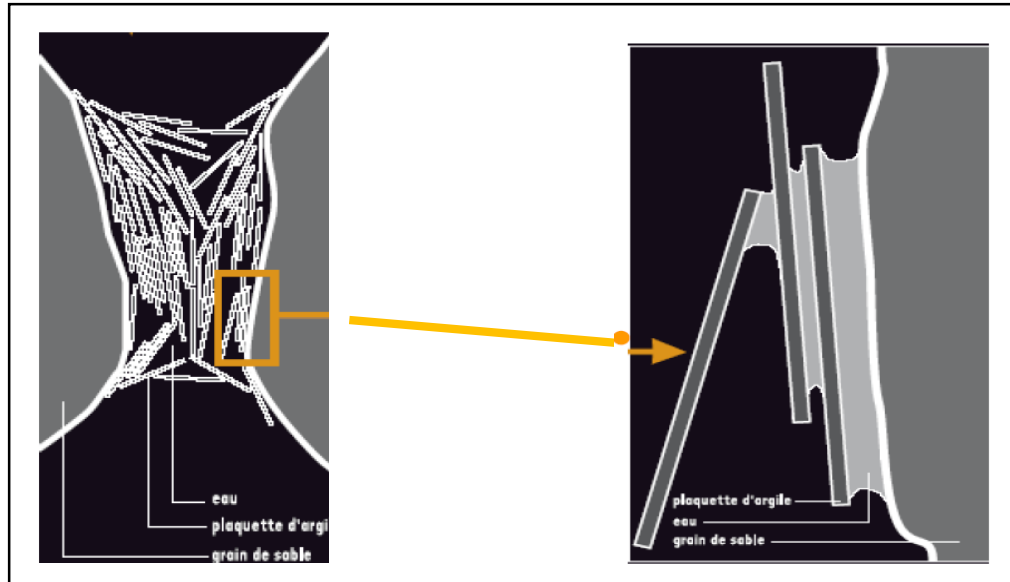


Figure 6. Schéma du pont argileux liant des grains de sable, (source: grain d'Isère.)

2. 2 La réaction eau/argile

Le « paquet » c'est une simple feuille de 2 à 3 Couches de silice et d'alumine. Dont par exemple ; la réunion de :

- ✓ Couche de silice (SiO_2) et autre d'alumine (Al_2O_3) donne un paquet du Kaolin
- ✓ Couche d'alumine entre deux couches de silice donne un paquet de la montmorillonite

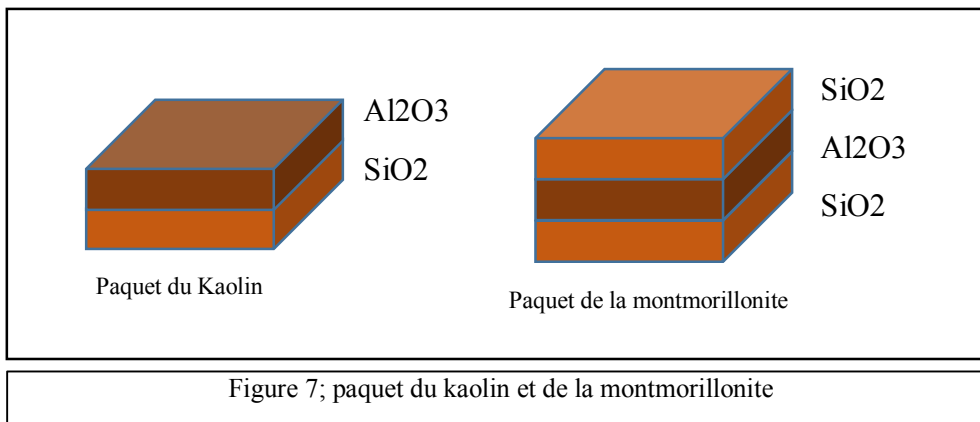


Figure 7; paquet du kaolin et de la montmorillonite

Des ions négatifs restent piégés entre les lamelles de montmorillonite (par exemple les ions de soude) ; à cause des charges négatives des groupes « oxhydryles » (O H) sur les côtés des lamelles.

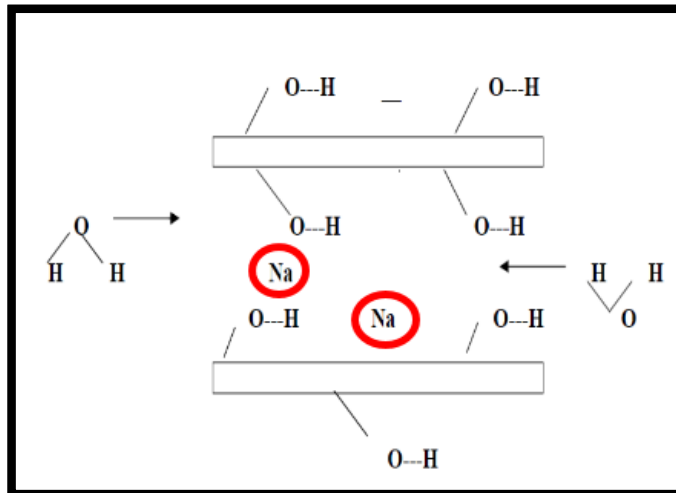


Figure 8.les ions de soude piégés entre les lamelle

Ces charges négatives des lamelles attirent aussi les molécules d'eau qui ont des charges électriques des deux signes ; en repoussant l'une à l'autre causant un gonflement général de l'argile, contrairement dans un environnement sec, l'eau se manque et l'argile se contracte entre la construction des lamelles. Dans le cas de kaolin ; les groupes oxhydry sont porté sur un seul côté de la lamelle et la pénétration de l'eau entre elles s'échoue, c'est pour quoi qu'il gonfle moins que la montmorillonite.

Les argiles sont toutes plastiques, et quand elles sont mouillées, les minces cristaux se glissent entre autre facilement sous une simple pression ; mais si en ajoute une quantité d'eau à une argile déjà humide, elle devient complètement dispersée.

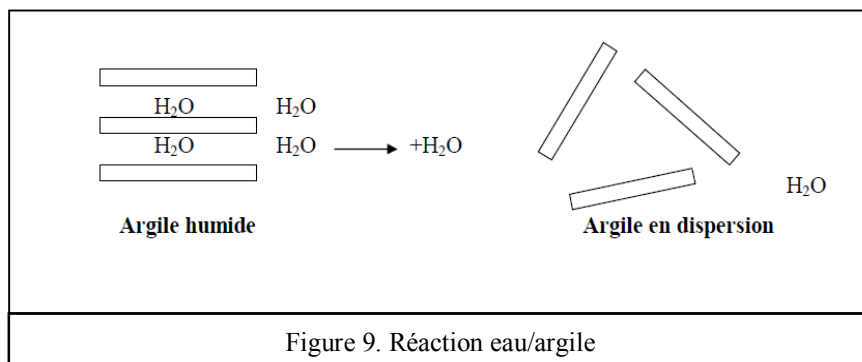


Figure 9. Réaction eau/argile

2. 3 Caractéristiques de la terre :

En plus qu'elle possède en propre le caractéristique d'un régulateur hygrothermique et d'isolant thermique, la construction en terre comporte bien d'autres qualités.

2. 6.1 Les propriétés physiques fondamentale de la terre :

Le problème qui se pose avant tout dans le cas de la construction en terre ou de la restauration, est celui d'une correcte maîtrise des caractéristiques de la terre. On saisira qu'avec certains sols, on peut obtenir une « pâte » meilleure qu'avec d'autre, c'est pourquoi il devient impératif de connaître les particularités d'un bon sol pour la préparation d'une bonne pâte pour la construction.

La variété des sols existants ; exige le développement des méthodes expérimentales pour pouvoir les classer et les étudier en fonction de :

- Une meilleure reconnaissance.
- Leur comportement comme matériau de construction.
- Leur modification.
- Leur caractéristique physique et mécanique.

Les variétés des formes et des dimensions des particules solides qui composent les sols ont déterminé la nécessité de les analyser et les classer en fonction de leur caractéristique granulométrique, et c'est à travers ce type d'analyse que les sols peuvent être divisés, sur la base de leur granulométrie dominante. On peut les diviser en groupes arbitraires :

- Les argiles : Particules inférieures à 2 micromètre
- Les limons : Particules comprises entre 2 et 50 min
- Les sables : Particules comprises entre 0.5 et 2 mm
- Les graviers : Particules comprises entre 2 et 10mm.

En général, seulement les particules solides comprises entre les catégories, gravier, sables limon et argile, sont reconnus et analysés comme sol. »¹

L'analyse des propriétés d'un sol comporte plusieurs paramètres de points de vue géologique, physique, chimique et biologique. Pour apprécier la capacité de la construction de la terre on s'appuie sur quatre facteurs² :

- La granulométrie : qui indique le pourcentage des grains et leurs dimensions.
- La plasticité : qui renseigne sur l'aptitude de la terre à être travaillé et moulé.
- La compressibilité : indique la capacité du matériau d'être comprimé mécaniquement, en relation avec sa porosité.

¹ A.Alva.J.M. Teutonico. Notas sobre la manufactura del bloque de adobe para restauracion de la arquitectura de tierra .» In simposio internacional y cursotoller sobre conservacion del adobe. Lima. PNUD, UNESCO, ICCROM, 1983.

² Nadia HOYET. Matériau et architecture durable, éd Dtuidod Paris. 2013. pl64.

- La cohésion : qui montre la façon dont les constituants de terre restent associés.

2. 6.2 La résistance mécanique :

La terre résiste mieux à la compression qu'à la traction, spécialement à l'état humide. Avec de nouvelles techniques, on peut réaliser des différentes épaisseurs des murs en terre qui résiste mieux à la compression allant de 20 à 50 bars ,Cela offre une grande sécurité à la bâtisse¹. Ces valeurs changent remarquablement suivant la composition de la terre et des liants (chaux, sable, ciment.) et des fibres (lin, poil) apportés pour élever son maintien.

D'après les essais réalisés à ENTPE, un mur de Béton de terre comprimée, maçonné en mortier de terre voit apparaître ses premières fissures autour de 0.55 Mpa (sans stabilisant) à 0.9 MPa (bloc et maçonnerie, stabilisée)²

La faiblesse principale de la terre crue est : sa résistance à la traction et au cisaillement, les éléments techniques (les chaînages, rives et têtes de mur doivent être particulièrement étudiées³.

Un matériau à base d'argile de type Kaolinite a une résistance mécanique faible (inférieur à 1 Mpa). La résistance mécanique augmente régulièrement avec l'augmentation du pourcentage de ciment : 2% (difficile à réaliser de façon homogène sur chantier) plus généralement de 4 à 10 % de ciment⁴.

Selon Mr. BERRAHAIL.T ; un graphique représente le fuseau granulométrique des terres constructibles.

- Il se subdivise en deux fuseaux :
 - ✓ Un à compacter : pisé, BTC
 - ✓ Un autre à mouler (ou modeler) : adobe, cob, bauge, torchis
- Les limites sont évidemment indicatives :
 - ✓ "sortir du fuseau" conduit à un matériau non idéal qui peut tout de même être constructible.

¹ Tahar BERRAHAIL, La terre un matériau de construction, une alternative pour une solution durable, mémoire magister, Constantine, 2009, p84.

² <http://www.lamaisondurable.com>

³ http://ecoconstruction.rpn.univ-lorraine.fr/co/Module_UVEDTEST_157.html.

⁴ www.lamaisondurable.com

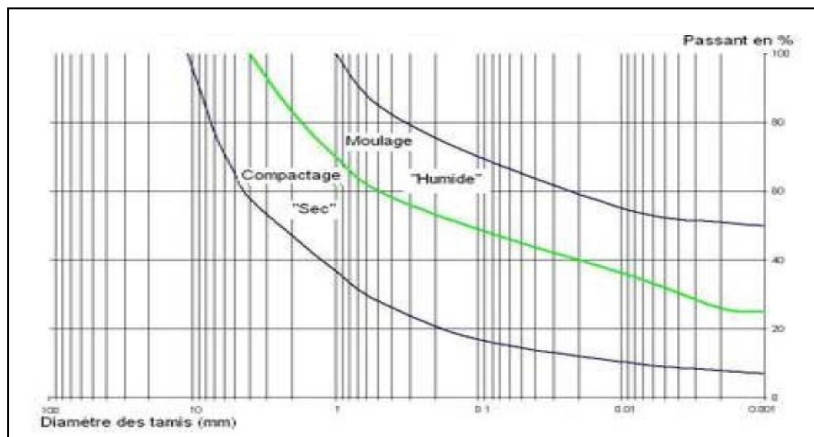


Figure 10. fuseau granulométrique des terres constructible ; (Source www.lamaisondurable.com)

Aussi ; on peut compacter des terres très argileuses (30 % et plus) seulement il faudra suffisamment d'eau. Le moulage est certainement plus adapté.

2. 6.3 Résistance au feu :

Les matériaux sont classés en quatre catégories selon leurs résistances au feu, les matériaux avec une excellente résistance au feu, et ceux avec une bonne, puis ceux moyenne et faible résistance au feu.

La terre est un matériau incombustible qui procure aux constructions une bonne résistance au feu.¹

D'après les normes allemandes, même un ouvrage réalisé en terre paille (1700 kg/m³) résiste bien au feu²

Un mur en pisé de terre de 300mm épais, a été examiné à par un essai de résistance au feu suivant les normes australienne AS150.4 – 1985, a donné un résultat de :

4 heures / 4 heures / 4 heures pour : adéquation / intégrité / isolation structurales

ce qui est considéré comme une résistance élevée au feu.³

2. 6.4 L'isolation acoustique :

Assurer un confort acoustique et psychique aux occupants ; c'est le but majeur des habitations qui les diffèrent des logements banalisés ; cela dépend de plusieurs critères tels que le choix de matériaux. Le matériau terre offre une réflexion saine ce qui est plus facile sur l'oreille humaine.

En Australie une terre en pisé de 300mm d'épaisseur a été examinée en termes de transfert acoustique, suivant les normes 'Australien 1276-1979 et a donné une classe de transmission saine de 57 ce qui est en effet un accomplissement élevé pour n'importe quel matériau de bâtiment.

¹ Tahar BERRAHAIL, La terre un matériau de construction, une alternative pour une solution durable, mémoire de magister, Constantine, 2009, p86

² LITTLE Becky, MORTON Tom, Building with earth in Scotland, Ed. CRU, Edinburgh, 2001, p 11

³ Stephen Dobson, Continuity of Tradition: New Earth Building, Terra 2000

C'est une perte de 57 décibels d'énergie bruit, arrêtée de passer par le mur¹.

2. 6.5 La durabilité :

Les ruines archéologiques datant depuis des siècles affirment que la terre peut bien être aussi durable que le béton de ciment. Telles que le mur de chine et les ruines romains et égyptiens.

C'est ce qu'affirment CRATerre (centre de recherche d'architecture de terre) avec ses études dans ce contexte : « La durabilité relève aussi bien de la mise en œuvre des règles constructives que du matériau. En effet, si un ouvrage respecte les règles architecturales, il supporte bien les effets du temps ».

2. 6.6 Un agent conservateur :

Dans les anciennes constructions en terre, les planchers en bois et les fibres végétales contenues dans l'épaisseur des murs en terre ne périssent pas. C'est ce qui démontre cette qualité de la terre à conserver l'état des produits. Ce phénomène s'explique par la capillarité du matériau et son équilibre hygrothermique²

2. 6.7 Autres :

- ✓ Avec ses composantes ; elle est une matière de protection contre les nuisances liées aux ondes électromagnétiques.
- ✓ Une meilleure diffusion de la température et de l'humidité, donc pas de la condensation sur les murs en terre.
- ✓ La terre est caractérisée par ses différentes couleurs : du gris foncé au jaune éclatant en passant par de rose au rouge.

Les essais expérimentaux exécutés par différents organismes en France, en Australie, aux Etats Unis d'Amérique et dans d'autres pays ont permis d'avancer les chiffres suivants qui nous admettent d'avoir une idée sur les performances techniques du matériau qui peuvent nous servir dans le cas d'une conception architecturale, ou dans le cas d'une restauration du patrimoine en terre. Dans tous les cas, avant chaque projet, des tests sont nécessaires pour s'assurer des caractéristiques du matériau utilisé.

- ✓ Isolation Thermique conductivité : 0,75 W/m°C : peu isolante.
- ✓ Inertie : Capacité Thermique 1350 kJ/m³. °C : Bonne capacité d'inertie.

¹ Stephen Dobson, Continuity of Tradition: New Earth Building, Terra 2000

² LITTLE Becky, MORTON Tom, Building with earth in Scotland, Ed. CRU, Edinburgh, 2001, p 11

- ✓ Propriété hygrométrique par absorption et restitution de l'humidité¹.
- ✓ Cisaillement : 0,3 kg / cm².
- ✓ Résistance à la compression :
 - Terre stabilisée au ciment : 50 à 100 kg / cm².
 - Terre stabilisée à la chaux : 30 à 80 kg / cm².
 - Terre stabilisée au bitume : 15 à 60 kg / cm².
 - Terre stabilisée aux fibres : 5 à 20 kg / cm².
 - Terre stabilisée aux produits chimiques : 20 à 40 kg / cm².
 - Terre stabilisée aux produits chimiques puissants : 150 à 400 kg / cm²
- ✓ Résistance à la compression humide : la moitié environ de la résistance à sec.
- ✓ Résistance à la traction : 1/5 de la résistance à la compression (d'après des essais brésiliens)
- ✓ Dilatation thermique : 0,012 mm / m par °C.
- ✓ Chaleur spécifique C = 0,2 Kcal / Kg

Conclusion :

En conclusion et après avoir présenté le matériau terre, on peut dire que l'ignorance des caractéristiques du matériau terre, rend la projection abstraite, le matériau est l'élément qui rend possible la réalisation de l'oeuvre architecturale.

La terre crue est considérée comme un matériau traditionnel, son emploi a mûri lentement à mesure que les moyens techniques progressaient et que les exigences esthétiques se raffinaient. Lorsque la nature met à disposition de l'homme un certain matériau, la main d'oeuvre devient experte en un laps de temps très court, et la maîtrise, après des siècles d'expérience devient absolue. L'emploi d'un matériau dans une région crée la tradition, et à chaque matériau correspond certaines possibilités formelles. L'étude du processus de la construction en terre, depuis l'élaboration jusqu'à l'entretien permet de retrouver le savoir-faire constructif et de constituer les fondements d'une analyse pathologique pour les différents traitements spécifiques à ce type de matériau.

¹ http://ecoconstruction.rpn.univ-lorraine.fr/co/Module_UVEDTEST_157.html

Introduction :

L'architecture en terre est fortunée de solutions techniques toutes aussi impressionnantes et ingénieuses les unes que les autres.

Le pisé de terre et la construction en adobe ou brique de terre crue sont les méthodes les plus expérimentées et les procédés principaux ; mais évidemment une douzaine de procédés constructifs fondamentalement différents, sont connus à travers le monde, à partir desquels dérivent près d'une centaine de variantes qui peuvent être traditionnelles ou modernes avec de variantes locales : terre excavée, de recouvrement, découpée, de remplissage, comprimée, modelée, empilée, moulée, extrudée, coulée, paille et garnissage. Néanmoins les plus utilisées sont le pisé, l'adobe et les briques de terre compressées.

Nous tenterons de présenter les procédés les plus connus de façon succincte afin de montrer la richesse formelle et technique de cette architecture.

1 .Élaboration et mise en œuvre :

Le façonnage de la terre est couramment effectué direct sur chantier. De nos jours, le façonnage de la terre est développé avec les techniques de construction employées. Le choix de procédé de fabrication est lié aux caractéristiques de la terre et aux besoins du projet. Dans cette situation, le bâtisseur doit être formé et maîtrisant tous les connaissances du matériau, soit par la transmission orale depuis des millénaires ou par les connaissances scientifiques et physiques.

1.1 L'identification de la matière et les essais :

La première étape consiste à identifier les propriétés avec une analyse visuel ou manuelle basé sur expérimentation et les tests¹tel que :

- Test de la résistance à la compression et à la traction
- L'analyse de contrôle : Pour vérifier la qualité du matériau employer pendant la production
- L'essai d'acceptation : vérifier la qualité de production et sa conformité aux exigences et caractéristiques déterminées par le laboratoire.
- Pénétrömètre de poche : cet appareil permet de contrôler la masse volumique d'une brique de terre.
- Scléromètre pendulaire : Un appareil qui permet de contrôler la qualité des matériaux.

¹ Nadia HOYET, matériau et architecture durable, éd Dunod Paris, 2013, p163.

- Test de teneur en eau optimale : Pour l'estimer on peut prélever une poignée de cette terre, la comprimer en fermant la main et la laisser tomber sur une surface plane.
- Test de pénétration : Faire pénétrer un stylet dans la brique. La résistance du matériau est jugée en fonction de la force de pénétration.
- Test d'impact : Entre deux briquettes, choquer plusieurs fois avec d'une force d'impact croissante entre chaque choc¹

1.2 Détermination des Propriétés de la Terre :

- Les propriétés physiques fondamentales de la terre
- La résistance mécanique
- La résistance thermique
- Résistance au feu
- L'isolation acoustique :
- La durabilité

(détaillé dans le chapitre précédent)

1.3 L'amélioration de la terre :

On peut améliorer les caractéristiques de la terre par plusieurs techniques :

- La compression augmente la résistance et la densité de la terre.
- L'addition des fibres soit végétale, animales ou minérales. Cela augmente la résistance à la compression et la traction ou dilatation.
- L'ajout de substance comme la chaux et le bitume qui relie les grains entre eux cela offre une meilleure stabilité et résistance à la terre².



photo 1 et 2 : Les fibres végétales et Les fibres animales ; Source : Bekri Narimane, festival archi terre, EPAU, 2013)

¹ Hugo HEUBEN et Hubert GUILLAUD, Traité de la construction en terre, Ed Parenthèse CRATERRE, p31

² Nadia HOYET, matériau et architecture durable, éd Dunod, Paris 2013, p165



photo 2.les différentes états de la terre sans et avec paille ; (Source: Bekri N, 2015)

1.4 Les avantages et les inconvénients de la terre :

- Bien comprendre le matériau et ses potentialités permet d'avoir une certaine flexibilité dans le choix de la conception et la composition de bâtis ; même de calculer les gains et les bénéfices.
- La familiarité avec les inconvénients et les problèmes possibles conduit à éviter l'effondrement du bâtiment et le maintenir le plus longtemps possible.
- La maîtrise des pathologies et leurs cause aide à souligner un programme de protection et d'entretien pour la bâtis.

2 . Les techniques de mise en œuvre de la terre :

Les techniques de constructions en terre sont multiples, classées en deux grandes ensembles la terre crue et la terre cuite.

2.1 La Terre cure:

La terre crue classe en 3 types, les constructions monolithiques, maçonnées et mixtes ; présenté dans la roue des techniques comme suite :

- Les constructions monolithiques : 1,6,7,11.
- Les constructions maçonnées :4,5,8,9,10.
- Les constructions mixtes :2,3,12

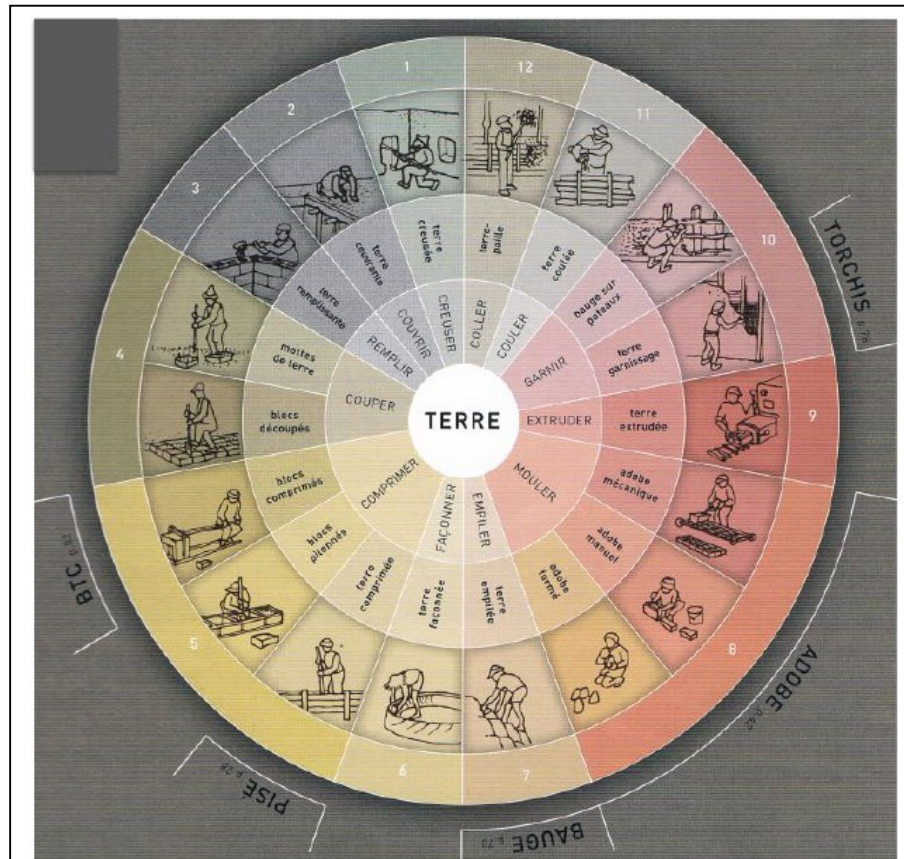


Figure 1. La roue des techniques constructives en terre ;

Source : FONTAINE Laetitia, ANGER Romain. Sans date

2.1.1 Les constructions monolithiques :

Le matériau est mis en œuvre sur site pour créer des ouvrages monolithiques, selon différents modes soit par la sculpture, le façonnage ... etc.¹

➤ Terre creusée:

Cette technique est répandue sous les climats chauds et secs où le sol présente une croûte tendre, en l'occurrence du tuf, du loess ou de la lave poreuse. Ce procédé permet une protection contre la chaleur diurne et amortit la différence de températures entre le jour et la nuit grâce à l'effet de (volant thermique)² et de masse de la terre³. On trouve deux variantes ; le troglodyte horizontal ou troglodyte vertical selon le sens de creusement.

¹ Nadia HOYET, matériau et architecture durable, éd Dunod Paris, 2013, p165

² C'est la réserve d'énergie thermique emmagasinée le jour et restituée la nuit.

³ Salima AHMED ALI ép. AIT KADI, performance thermique du matériau terre pour un habitat durable de la région aride et semi aride cas de Timimoune, mémoire magister, Tizi Ouzou, 2012, p17



image 1. Matmata Tunisie. (troglodyte verticale) ;
Source : BOUNAR.L.2016



Image 2. Hôtel troglodytique à Ouargla ;
Source : bekri .N.2013.



image 1. les gorges du Roufi à Batna (troglodyte
horizontale) ; Source : autour ;2018

➤ Terre façonnée:

Cette technique consiste à former la terre à l'état humide sans l'aide d'un coffrage ou d'un moule, des murs minces sont montés à la main avec une terre suffisamment plastique. Son utilisation est largement répandue dans les pays du sahel, en Afrique et dans les régions équatoriales.

Il ya plusieurs méthodes pour travailler avec la terre façonnée tels que :

- **Colombin:**

La terre qui sera travaillée avec la main est souvent préparée à l'avance, en passant par l'hydratation et le séchage jusqu'à obtenir un matériau avec une plasticité idéale. En ajoutant des substances végétales ou animales. la terre est ensuite façonnée en boudins accolés

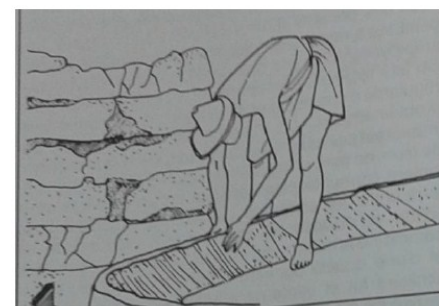


image 2. colombin ; (Source Hugo
Heuben et Hubbert Guillaud.)

en oblique puis lissés, ou bâti en colombin (cylindre de terre long et étroit roule sur une table utilisée en poterie)¹.

Les murs sont entre 5 et 7 cm.

- **Boule façonnée:**

Boule de terre avec un grand diamètre permet de réaliser un mur épais. A chaque fois quand on met une couche elle doit être bien séchée avant de mettre la suivante, pour une meilleure stabilité de mur.

Techniques adaptés à Ghana.

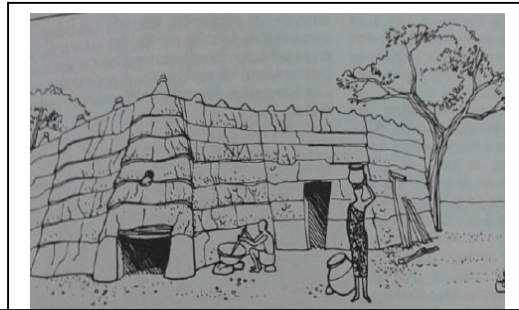


image 3. boule façonnée en terre ; (Source Hugo Heuben et Hubbert Guillaud,)

- **terre empilée: la bauge**

Un mur en bauge est épais de 40 à 60 cm, et monolithique comme le pisé. C'est une technique de la terre crue nécessite moins d'outillage, permet de monter des murs en terre crue à l'état plastique, composée de terre argileuse et de fibres végétales. Les faces sont battues pour éviter les fissures au séchage, puis taillées afin d'obtenir une surface plane.

Cette technique offre une liberté puisqu'il n'a pas de coffrage

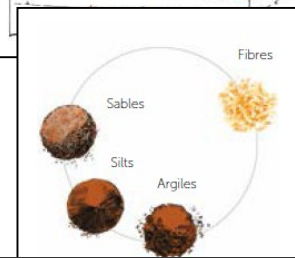


image 4. terre empilée ; Source : N. BEKRI. 2016

- **Terre banchée ou coulée :**

La terre est coulée dans des coffrages ou dans des moules comme un béton.



image 7. terre coulée dans le coffrage ;
Source : N. BEKRI 2016

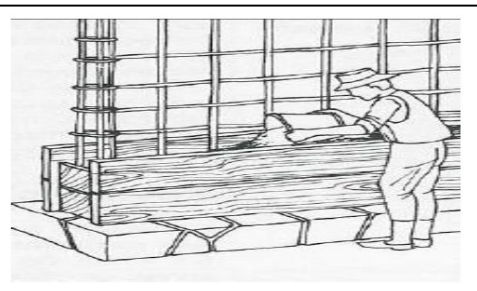


image 8. terre banchée ; (Source Hugo Heuben et Hubbert Guillaud)

¹ Dictionnaire Larousse, 2010.

2. 1.2 Les constructions mixtes :

➤ Terre couvrante :

Cette technique permet de profiter de l'isolation de la couche de terre et est autant utilisée sous les climats chauds que froids. Elle compte deux variantes :

- La maison enterrée : la terre ne rentre pas dans la structure de la construction mais elle couvre la bâtisse.
- La maison recouverte de terre : Cette technique améliore aussi l'isolation acoustique et propose une nouvelle relation avec l'environnement (toits jardin). Le problème qui se pose dans cette technique c'est celui de l'humidité et des charges supplémentaires qu'elle occasionne sur la structure¹.



image 9. quartier Unesco paris ;
(Source : UNESCO.org)



image 10. habitat recouverte en terre en chine
réalisé par Xue ; (Source : wordpress.com)

➤ Terre remplissant :

A l'état sec, la terre remplit toutes sortes de matériaux creux. C'est avec ce procédé que la Muraille de Chine fut construite ainsi que de nombreux ouvrages romains. Le village de Guir Lotfi à Béchar² réalisait avec cette technique. Les blocs de parpaings creux étaient remplis de terre crue avant leur pose dans les murs ; Elle se fait par plusieurs méthodes :

¹ Salima AHMED ALI ép. AIT KADI, performance thermique du matériau terre pour un habitat durable de la région aride et semi aride cas de Timimoune, mémoire magister, Tizi Ouzou, 2012, p17

² Noureddine KEBAILI, l'architecture de terre contemporaine en Algérie ; évaluation post-occupation d'habitations rurales dans la région centre des hauts plateaux ; mémoire de magistère 2006, P. 17.

Les sacs, Tube, Blocs, Eléments isolants, Récipients et déchets, Murs creux, Textile, Grillage :



image 6.grillage en terre

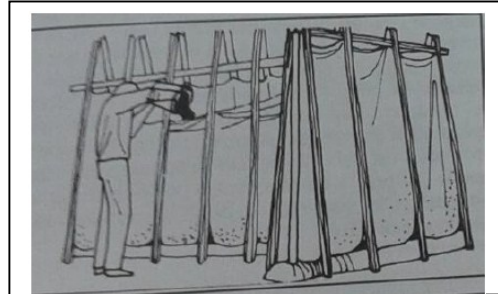


image 5.toile en terre ; (Source Hugo Heuben et Hubbert Guillaud,)

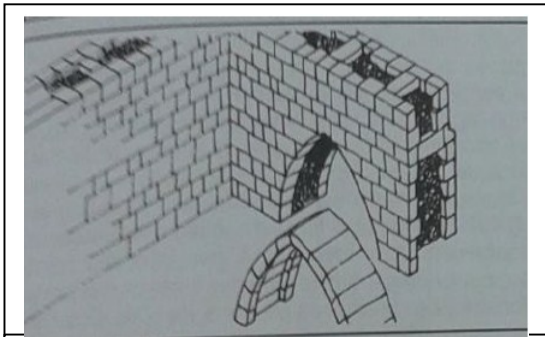


image 8.mur creux ; (Source Hugo Heuben et Hubbert Guillaud,)



image 7.Pneu en terre. (Source Hugo Heuben et Hubbert Guillaud,)



image 10.Isolation en terre.. ; (Source Hugo Heuben et Hubbert Guillaud,)

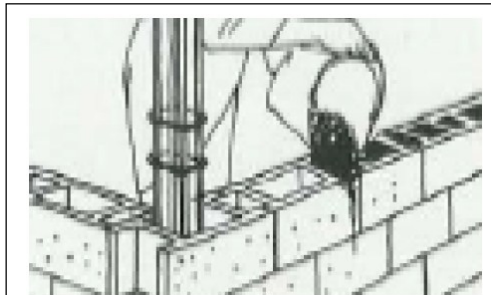


image 9.bloc rempli en terre ; (Source : Bakri N)

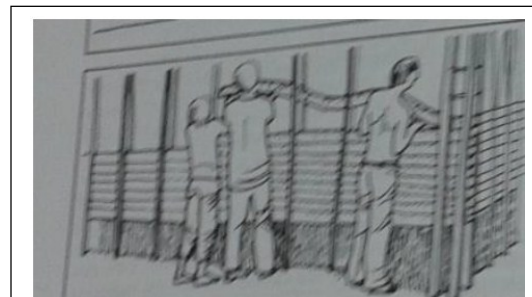


image 11.tube de terre ; (Source Hugo Heuben et Hubbert Guillaud,)



image 12.maison en sac ; (Source : Bakri N2016)

➤ **Terre de paille :**

La terre débarrassée de ses gros grains, est dispersée dans des futs pleins d'eau et remuée jusqu'à l'obtention d'une barbotine, la paille (blé, orge, seigle, froment...) est ajoutée (le dosage étant de 70kg de paille pour 600kg de terre pour une masse volumique de 700kg/m³)¹

Cette technique a beaucoup d'avantages : la résistance au feu, aux intempéries et une bonne durabilité.



image 13. Terre paille ; (Source : ZEROUK Ch)

2. 1.3 Les constructions maçonnées :

➤ L'adobe (brique de terre crue) :

Le terme « Adobe » vient de l'égyptien « Thobe » signifiant : brique, il a donné, naissance au mot arabe « ottob » devenu « adobe » en espagnol, et « TOUB » en français. On le connaît aussi sous le nom de « brique de terre crue » et « Banco »². La fabrication peut être mécanisée³

Plusieurs variantes existent :

- La brique piriforme : c'est la forme la plus ancienne de brique, elle est utilisée au Togo et au nord du Nigéria où elle est appelée « Tubali ». Les *Tubali* sont réalisés de terre et de paille et sont montés tête-bêche dans des murs épais avec une grande quantité de mortier de même composition. Le Niger comporte des exemples d'habitats urbains de plusieurs étages.
- La brique cylindrique : le cylindre moulé de terre fraîche est utilisé comme remplissage pour une ossature en bois.
- La forme prismatique : c'est la plus connue, elle est produite selon deux techniques ; *la goutte d'eau* et *le coup de sabre*. Depuis les années 1970, des milliers de logements ont été construits selon cette technique au sud-ouest des USA. Partout dans le monde, l'adobe est en rivalité avec le bloc de terre comprimée⁴

La fabrication de l'adobe doit respecter les proportions suivantes :

- | | |
|---------------------|--|
| - Sable : 55 à 75% | - Limon : 10 à 28% |
| - Argile : 15 à 18% | - Matières organiques inférieures à 03%. |

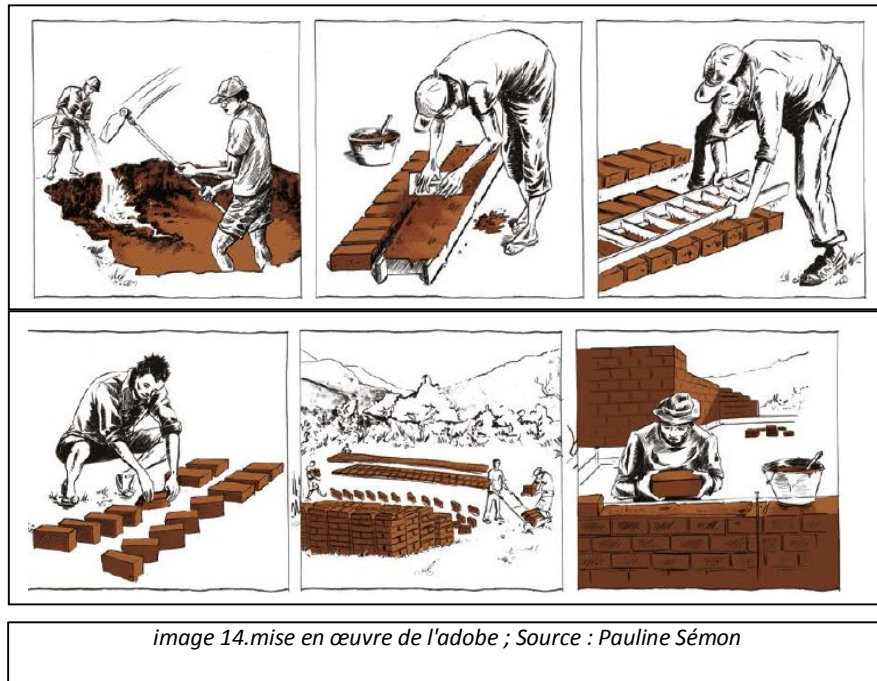
¹ Noureddine KEBAILI, l'architecture de terre contemporaine en Algérie ; évaluation post-occupation d'habitations rurales dans la région centre des hauts plateaux ; mémoire de magistère 2006, P. 19.

² Doat Patrice et al., Construire en terre, CRAterre, Ed. Alternative et Parallèles, Paris, 1979, p. 106.

³ Nadia HOYET, matériau et architecture durable, éd Dunod Paris, 2013.

⁴ <http://www.inti.be/ecotopie/>

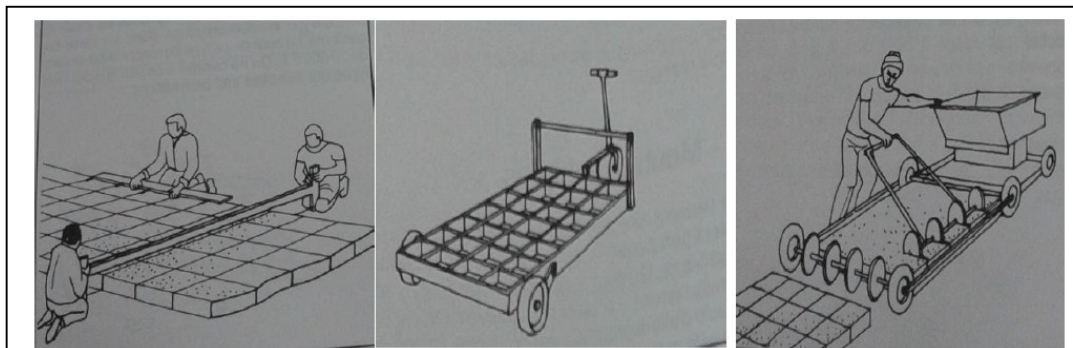
Les avantages de l'adobe : redemander et plus adopte pour la cloison intérieure.



➤ Blocs découpés :

Blocs de terre sont directement découpés à la surface du sol ou dans une masse de terre préalablement préparée¹. Les blocs ou les mottes de terre sont extraites avec un outillage très simple (bêche, pioche, outils de carrières) et peuvent être utilisés aussitôt découpés en plusieurs blocs par sciage à l'aide d'un fil tendu sur un support en bois ; par une pondeuse à moule multiple et fixé sur un châssis à roue qui facilite le découpage en blocs égaux Ou par une pondeuse a disque.

Cette technique pose les problèmes de tassement des murs.



(Source : Hugo Heuben et Hubbert Guillaud, 2013)

¹ Nadia HOYET, matériau et architecture durable, éd Duodi Paris 2013.

➤ Blocs comprimés BTC :

Les briques de terre comprimées : La terre dite « sèche », qui a la même teneur en eau que le pisé est comprimée à l'aide d'un fouloir ou au moyen d'une presse pour façonner des briques de terre comprimées. Après séchage, elles seront utilisées de la même façon que les briques d'adobe, les briques cuites ou les agglomérés de ciment¹



image 16.mise en œuvre de BTC ; Source : Pauline Sémon

Caractéristiques de BTC : facilité de mise en œuvre grâce à la presse, plus leur grande inertie thermique.

➤ Le pisé :

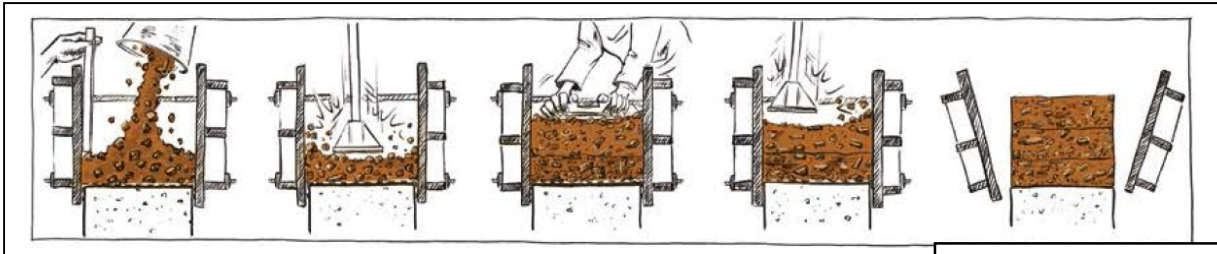
C'est une technique de maçonnerie de mur en terre crue coffrée, composée de couches superposées de terre compactée, d'épaisseur 50 cm et parfois plus et une densité 1.9t/m².

Pour la mise en œuvre :

- La mise en place de coffrage fixe sur un soubassement en pierre.
- La préparation de la terre légèrement humide.

¹ Salima AHMED ALI ép. AIT KADI, performance thermique du matériau terre pour un habitat durable de la région aride et semi aride cas de Timimoune, mémoire magister, Tizi Ouzou, 2012, p53

- On pose dans la banche une couche de terre varie entre 12 et 20 cm.
- Compacter à l'aide d'une pisoir jusqu'à la moitié de l'épaisseur.
- Puis enlever le coffrage.
- On obtient un mur solide, porteur et isolant acoustique¹.



Source : Pauline Sémon

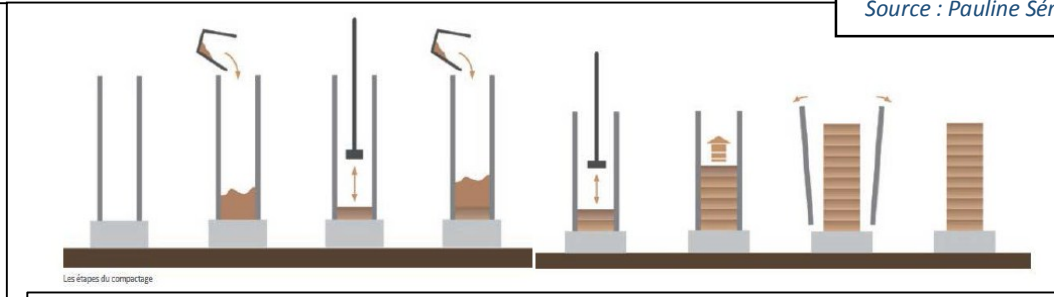


image 17.étape de réalisation du pisé ; (Source : J.M.LE TIEC, l'architecture de terre contemporaine)

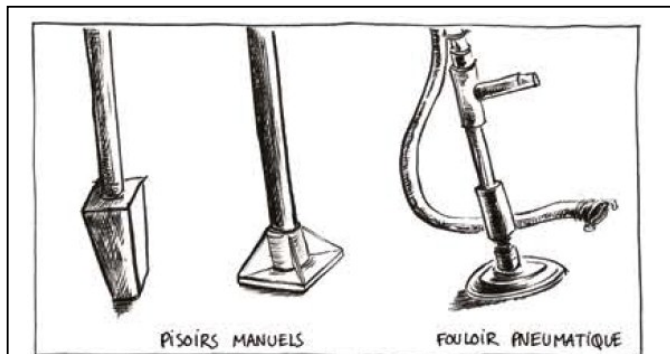


image 18.Outils traditionnels de pisé ; Source : Pauline Sémon

➤ Le torchis :

Le **torchis** : l'une des plus anciennes et des plus utilisées dans le monde. C'est une technique de hourdage qui consiste en l'application d'une terre mélangée à de la paille sur un clayonnage maintenu dans une ossature porteuse en bois².

¹BEKRI N et KADRI M, L'architecture de terre, entre tradition et modernité, une nouvelle alternative vers une conception écologique, Mémoire master, Université Larbi ben Mhidi, 2015,p39

² Bruno Pignal, Terre crue : Techniques de construction et de restauration, édition EYROLLES, 2005, P. 77.

Il y a trois types de remplissage du mur en torchis :

- Le pan du bois garni d'éclisses : insère des éléments horizontaux en bois qui servent de support de la torche.
- Le pan de bois garni d'un clayonnage : une trame en bois pour supporter la torche.
- Le pan de bois recouvert d'un lattis : présente une structure verticale en bois recouverte de la torche¹.



image 19. technique de torchis ; Source : Pauline Sémon

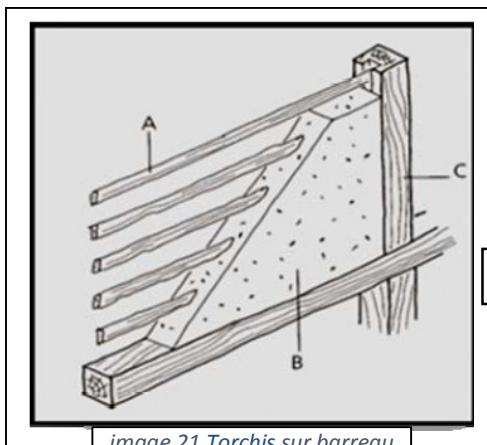


image 21. Torchis sur barreau

A : barreau
B : remplissage terre paille
C : ossature en bois

(Source : N. Baloul)

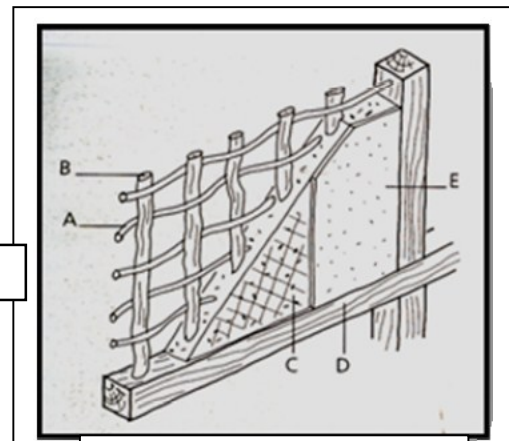


image 20. Torchis sur clayonnage

A : latte
B : Palançon C : terre paille
D : ossature en bois E : enduit

2.2 la Terre cuite:

La terre cuite à haute température subit des transformations moléculaires permet d'avoir une bonne résistance mécanique ainsi qu'une bonne résistance au feu et à l'usure. La première construction

¹ BEKRI N et KADRI M, L'architecture de terre, entre tradition et modernité, une nouvelle alternative vers une conception écologique, Mémoire master, Université Larbi ben Mhidi, 2015, p39

en terre cuite datées de 4000 avant J-C. les romains ont diffusé cette technique par l'installation de nombreuse briqueterie sur les territoires qu'ils ont dominait. Avec la révolution industrielle les procédés de fabrication ont été mécanisée et les fours se sont agrandis¹

2.2 .1 Les procédés de fabrication de la brique de terre cuite :

- ✓ Extraction de la terre, généralement avec une pelle.
- ✓ La préparation de la pâte, pour avoir une terre homogène et plastique a l'aide des malaxeurs.
- ✓ Le façonnage, la pâte mouille et malaxer puis façonner dans des filières qui donne une forme pleine ou alvéole.
- ✓ Le séchage après la mise en forme.
- ✓ La cuisson, dans des fours de forme tunnel avec une température varie entre 900 et 1200°C.

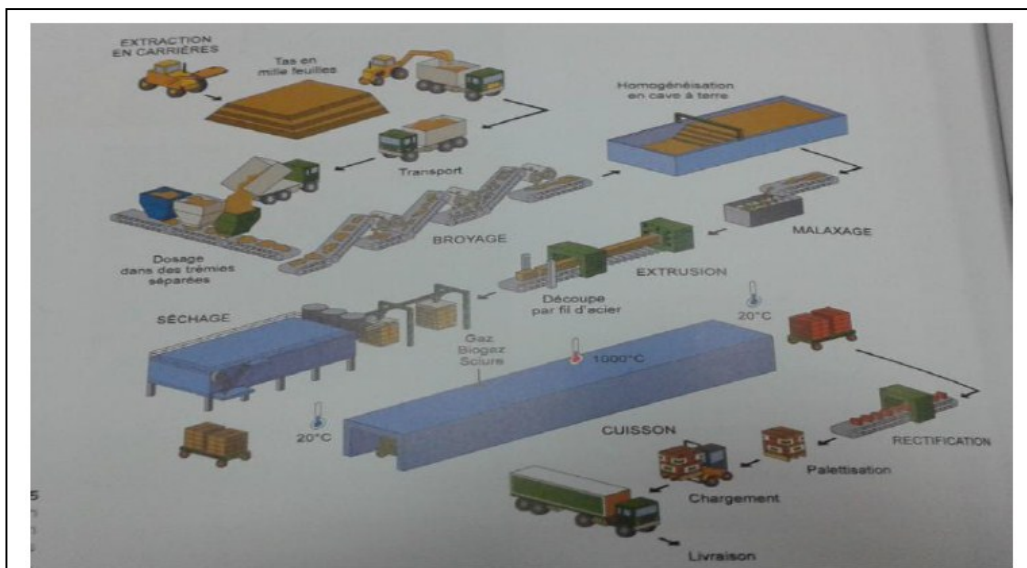


image 22.procéde de fabrication de la brique cuite ; (Source : Nadia Hoyet, 2013)

2.2 .2 Les différents types de la brique de terre cuite :

a. Les matériaux de construction :

- ✓ Les briques apparentes : sont les briques traditionnelles de formes variées avec une base rectangulaire ou carrée, utilisé par exemple pour les appuis de fenêtres.

¹ BEKRI N et KADRI M, L'architecture de terre, entre tradition et modernité, une nouvelle alternative vers une conception écologique, Mémoire master, Université Larbi ben Mhidi, 2015, p40

- ✓ Les briques creusés : ou les briques alvéolaires les plus utilisés dans la construction, destinée à être enduit.
- ✓ Les briques plâtrières : avec une épaisseur varie entre 3.5 et 12 cm, destinée a réalisé des cloisons.
- ✓ Les briques mono mûr : se présente sous forme de module de 30 à 50cm, avec de fine alvéoles verticale qui le donne une propriété d isolations.
- ✓ Les toitures et les tuiles en terre cuite¹.

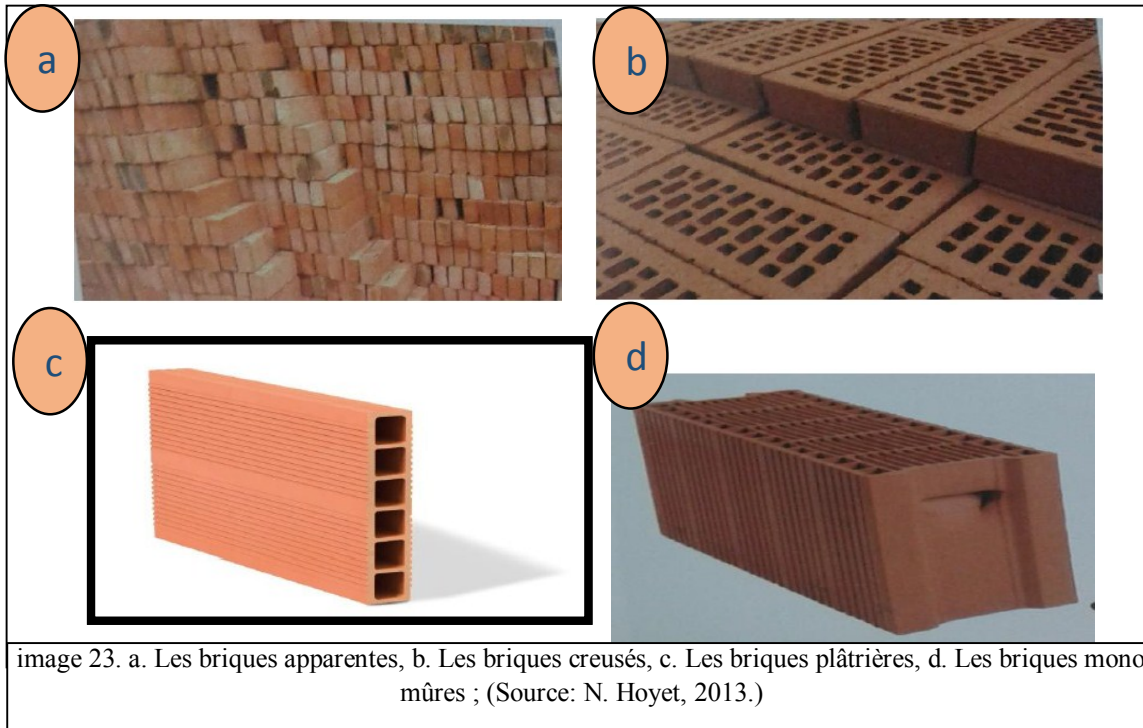


image 23. a. Les briques apparentes, b. Les briques creusés, c. Les briques plâtrières, d. Les briques mono mûres ; (Source: N. Hoyet, 2013.)

b. Les matériaux d'isolation :

- ✓ Les briques mono mûr : les alvéoles verticales donnent a cette brique une bonne isolation et permet d'éviter les ponts thermiques.
- ✓ L'argile expansée : obtenue en chauffant de l'argile à une, finement broyé et mise en forme des billes. (Fig 87) Chauffe a une température de 1200°C ; ces billes se dilate et leur forme augmente 5 fois qui la donne un pouvoir d'isolation².

¹ Nadia HOYET, matériau et architecture durable, éd Dunod Paris, 2013.

² ibid



image 24. a, bille d'argile ,b. argile expansée

(Source : Bakri N 2015)

| Technique | Terre crue | Terre cuite | Terre sèche | Terre humide | Terre plastique | Terre visqueuse | liquide | Construction maçonnée | Matériau isolant |
|------------------------|------------|-------------|-------------|--------------|-----------------|-----------------|---------|-----------------------|------------------|
| La bauge | + | | | | + | | | + | |
| Torchis | + | | | | + | + | | + | |
| Pise | + | | + | | | | | + | |
| Btc | + | | | + | | | | + | |
| Adobe | + | | | + | + | + | | + | |
| Mon mur | | + | | | | | | + | + |
| argile expansée | | + | | + | | | | | + |
| Les briques plâtrières | | + | | + | | | | + | |
| Les briques creusés | | + | | + | | | | + | |
| Les briques apparentes | | + | | + | | | | + | |

tableau 1. les techniques de mise en œuvre de la terre ; (Source : N. BEKRI, 2015)

3 . Les formes architecturales :

La richesse remarquée des aspects dans les constructions en terre à travers le monde, assure que ce type d'architecture et promoteur ; offre une grande diversité de formes. En effet, ces formes varient selon les régions et les cultures des populations qui pratiquent la construction en terre¹.

¹ J. Dethier, Des architectures de terre ou l'avenir d'une tradition millénaire, CGP, Paris, 1982.

Les travaux réalisés au centre du CRATerre montrent que la construction en terre n'est pas réductrice de la créativité des architectes. En effet, elle permet un large choix de formes tout autant que celles utilisant d'autres matériaux. Les plans peuvent être créés sous différents styles de conception ; traditionnels ou modernes¹.

La diversité des techniques offre d'innombrables possibilités de compositions et plusieurs choix d'ouverture ; plans ou couvertures même en coupole.

3.1 Le système constructif

Plusieurs systèmes constructifs peuvent être envisagés, selon le type de plan recherché. La structure monolithique offre un espace contenu, la structure auto stable est plus favorable à un espace cerné ou tramé et la structure en trumeau convient plus pour un espace fluide.

La brique de terre permet le système poteau et arc grâce à la taille relativement réduite de son module de base²

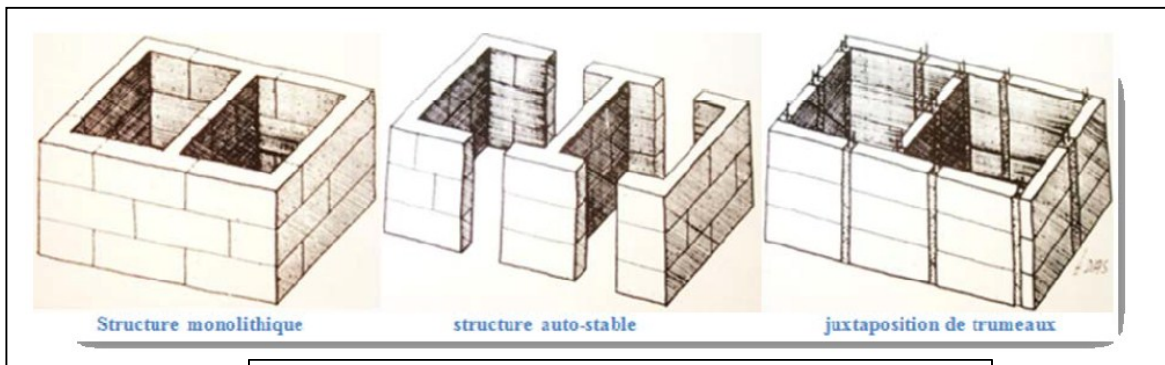


Figure 3. Les systèmes constructifs possibles avec le pisé

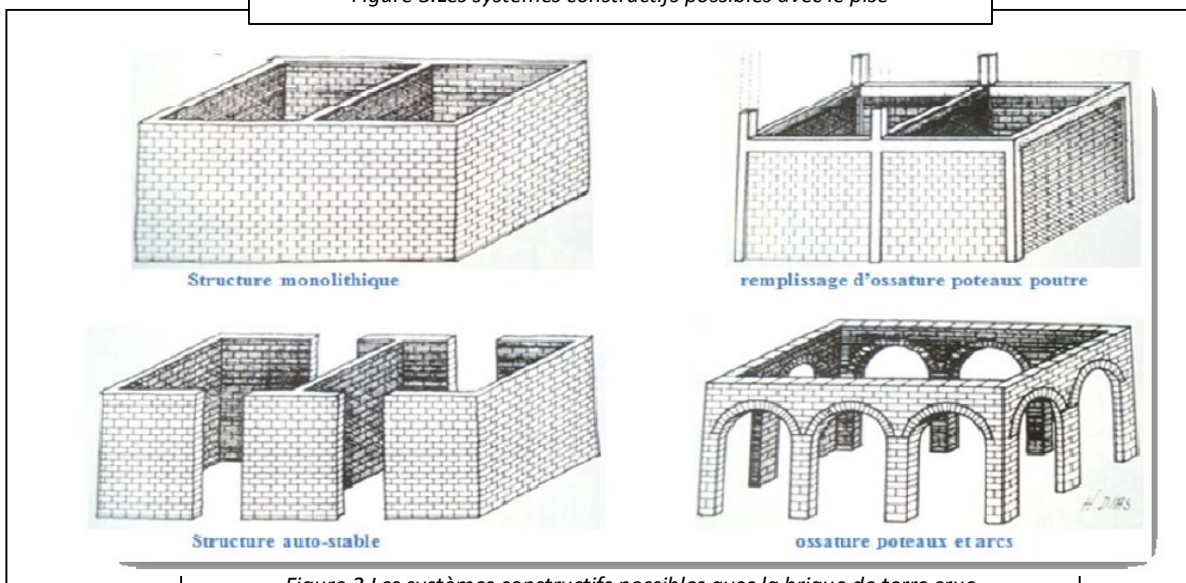


Figure 2. Les systèmes constructifs possibles avec la brique de terre crue

¹ CRATerre, Marrakech 87, habitat en terre, Grenoble, 1987, P. 26 et 34.

² Salima AHMED ALI ép. AIT KADI, performance thermique du matériau terre pour un habitat durable de la région aride et semi aride cas de Timimoune, mémoire magister, Tizi Ouzou, 2012, p22.

3.2 Les ouvertures:

Selon le système constructif utilisé, diverses ouvertures peuvent être adoptées

. Elles peuvent apparaître sous forme de percement dans une structure monolithique ou bien sous forme de remplissage dans une structure auto stable ou bien aussi, sous forme de remplissage d'un pan de mur dans une structure à ossature poteaux poutres ou à trumeaux¹.

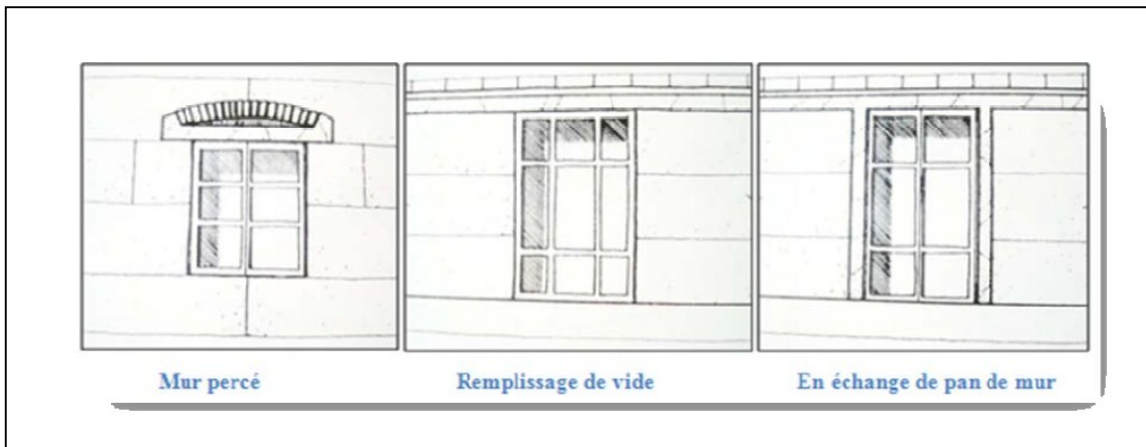


Figure 5. Les possibilités de percement pour un ouvrage en pisé ; (Source CRATerre)

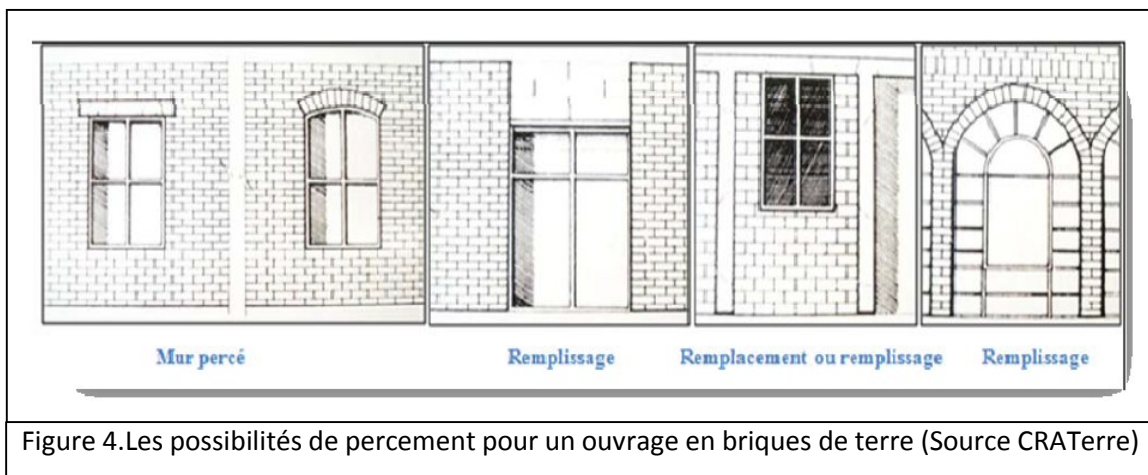


Figure 4. Les possibilités de percement pour un ouvrage en briques de terre (Source CRATerre)

3.3 Les modules de base

La divergence des formes architecturales dont nous avons parlé plus tôt, est dû aux modules de base où le plus petit assemblage de la brique de terre peut produire un élément structurant, ou même un espace dans le cas d'assemblage en pisé.

¹ Salima AHMED ALI ép. AIT KADI, performance thermique du matériau terre pour un habitat durable de la région aride et semi-aride cas de Timimoune, mémoire magister, Tizi Ouzou, 2012, p22.

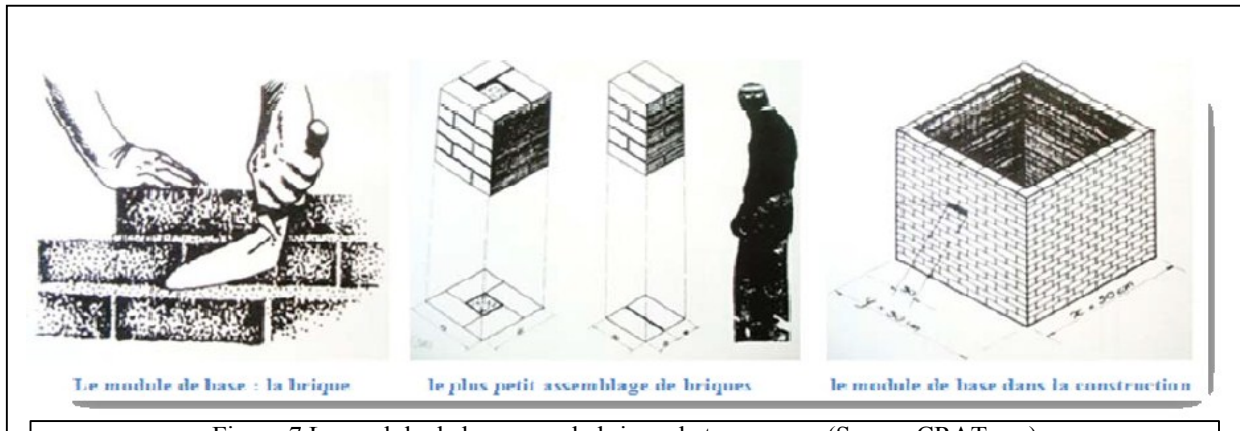


Figure 7. Le module de base pour la brique de terre crue ; (Source CRATerre)



Figure 6. Le module de base pour le pisé ; (Source CRATerre)

4 . Conclusion :

En plus des avantages physiques, mécaniques et écologiques dont nous avons parlé plus tôt, la différence et la diversité des techniques et des compositions formelles de construction en terre constitue un point fort verser en sa faveur et pour sa relance, il reste cependant à inciter à son application systématique et l'adapté législativement

Des études récentes affirment que l'apport de la tradition locale est une condition nécessaire pour tout projet réalisé en terre¹ ; Ce qui fait que l'aspect psychologique n'est plus un obstacle ,et il ne s'agit plus de l'évoquer aujourd'hui.

¹ Z. Derradj, Etude des conditions techniques optimales du mélange « terre paille » en vue de la construction de logements à Ronquières en Belgique, mémoire de Magistère à l'université catholique de Louvain, 1987, P. 102.

INTRODUCTION

Les constructions en terre se mètrent à des attaques ravageuses dues aux effets du temps, à l'appauvrissement du monde rural et aux restaurations inadaptées. L'appauvrissement du monde rural, le désenclavement dû aux voies de communications modernes, ont expulsé les populations des lieux retirés.

L'extension du monde moderne et industriel, a jeté son ombre sur les fondements techniques, sociaux et culturels du monde rural.

La transmission orale et gestuelle du savoir-faire pendant la réalisation s'est perdue avec la quasi disparition de la construction des bâtiments en terre. Le savoir-faire reste seulement dans la mémoire, comme un passé révolu.

Afin de mieux profiter des avantages des constructions en terre, il est nécessaire de se prémunir contre certaines pathologies. Les constructions en terre sont en effet très sensibles à l'eau, nous signalons que sous l'action du vent, ces constructions s'altèrent et se dégradent au sommet et à la base du mur. Il faudra faire très attention à ces pathologies car elles sont le premier facteur qui nuit à la durabilité des ouvrages en terre.

1 . Les principes de bonne conception d'une architecture en terre :

L'art de construire en terre obéit à des règles très strictes qui demandent un savoir-faire propre.

Mal conçues, les constructions peuvent être l'objet de grave désordres, les principes constructifs indiqués plus bas exploitent les performances et les caractéristiques du matériau terre pour réduire ou même éliminer les risques de pathologie, elles garantissent la durabilité des œuvres en terre¹.

Les anciens le disaient : « une maison sera à l'abri des intempéries si elle a de bonnes bottes et un bon chapeau » ;

➤ Protection des terrasses et toiture

- ✓ Toiture débordante
- ✓ Bande d'enduit haute, protection par le décor et la modénature
- ✓ Gargouille débordante, protection du mur à la sortie de la gargouille.

¹ CRATerre, Marrakech 87, Habitat en terre, P. 18-19.

➤ **Protection des parois**

- ✓ Calepinage des banchées du pisé ou des blocs d'adobe ou blocs comprimée
- ✓ Angles chanfreinés.

➤ **Protection des ouvertures**

- ✓ Tableaux enduits
- ✓ Solin haut ne débordant avec goutte d'eau

➤ **Protection de la base du bâtiment**

- ✓ Soubassement enduit
- ✓ Soubassement en pierres
- ✓ Renfort des angles en leur base
- ✓ Forme de pente, évacuation de l'eau loin du mur.

Protection de la basse du mur :

- A : soubassement.
- B : soubassement en pierre.
- C : renfort des angles et leur base.
- D : firme de pente pour évacuer l'eau.

Protection du mur :

- E : calepinage des banchés en pisé.
- F : calepinage des blocs comprimés ou des adobes.
- G : angles chanfreinés.

Protection du haut du bâtiment :

- J : chapeau débordant.
- K : bande d'enduit haute.
- L : protection du mur à la sortie de gargouille

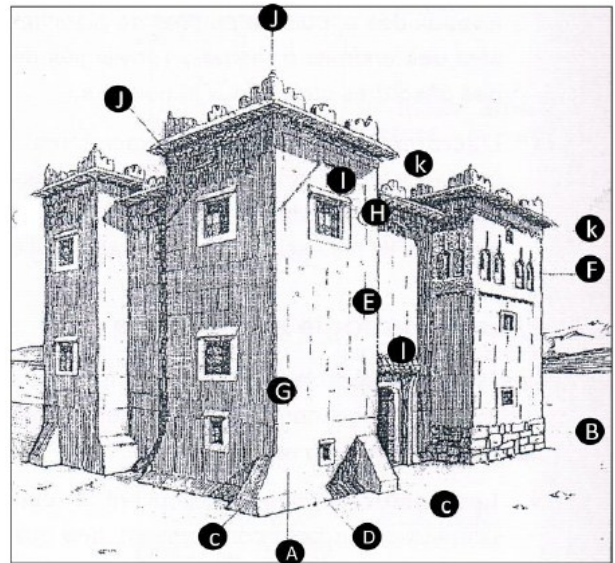


Figure 1. Le schéma de bonne conception architecturale d'un bâtiment en terre.

Source : Construire avec des matériaux naturels, les recommandations de conception architecturale en terre

2. Recommandations essentielles pour la restauration des ouvrages anciens en terre :

Dans le cas de restauration ou réhabilitation, il est essentiel d'éviter le bouleversement du système d'équilibre initial de la construction ; pour cette raison, les spécialistes proposent plusieurs recommandations accompagnées d'une description détaillé de modes d'intervention pour garantir l'authenticité et l'originalité du bâti ancien en terre :

➤ **Un bon diagnostic**

Pour une meilleure intervention il faut une bonne lecture et observation en profondeur des symptômes pour mieux comprendre les causes.

Un bon diagnostic classe et analyse les problèmes « extrinsèques » et « intrinsèques » et permet de hiérarchiser toutes les interventions nécessaires à sa pérennité et permet par la suite une meilleure gestion du bien.

➤ **La terre ne fait pas bon ménage avec l'eau**

Nous pouvons considérer que l'eau est le premier ennemi du bâtiment en terre, nous devons donc faire preuve de beaucoup de prudence et d'éviter la pluie qui ruisselle le long des murs, l'eau rejaillit en pied de mur, et aux remontées d'humidité par ascension capillaire.

➤ **Faire respirer le bâtiment**

Une règle d'or doit être retenue : l'édifice en terre doit « respirer » ; ça veut dire que l'humidité doit pouvoir s'évaporer et évacuée par des drains.

➤ **La terre crue ne travaille bien qu'en compression**

Elle résiste très mal aux efforts en traction et au cisaillement. Des charges excessives et concentrées peuvent causer un tassement et des fissures très reconnaissables, ou « coups de sabre »¹, ils se développent en diagonale et s'élargissent vers le haut à partir du bas .

➤ **La reprise des fissures**

Les fissures « mortes », même larges, comme les cavités, peuvent être facilement rebouchées au mortier de terre sablo-argileuse. Les fissures « vivantes » (si les témoins au plâtre se sont fissurés) peuvent exiger un traitement plus lourd : consolidation du sol et des fondations par injection de béton².

➤ **Le sol du rez-de-chaussée**

¹ Construire avec des matériaux naturels, les recommandations de conception architecturale en terre, p 13.

² BELAID.W. Patrimoine architectural, entre technicité, confort et durabilité : Cas de la maison de L'Oukil du Sanctuaire de Sidi Boumediene, Mémoire magister, 2014, Tlemcen. P26

Il faut préférer la pose d'un pavement en carreaux de terre cuite sur sable stabilisé ou chape de mortier maigre de chaux et sable recouvrant une couche de terre compactée sur hérisson de pierres¹

➤ **Les enduits en terre**

Une première couche peut alors être réalisée avec une terre assez argileuse, qui collera bien, mais qui fissurera au séchage. Une couche de finition devra être ensuite réalisée avec une terre plus argilo-sableuse, mêlée de paille hachée. Il faudra éviter de trop charger ces enduits de reprise à la terre (faible épaisseur) car ils n'adhéreraient pas suffisamment. En finition, ils recevront un enduit qui sera réalisé en chaux et sable. Les chaux le plus indiquées sont de dénomination « naturelle » ou chaux « calcique »² (CL90 ou CL80) et peuvent être mélangées à des chaux moyennement hydrauliques (NHL2) selon des dosages bien répertoriés³.

3 . PATHOLOGIE ET DIAGNOSTIC :

Les pathologies et les problèmes des bâtis anciens nécessite une approche complètement différente de celle rencontrée en construction neuve. Le diagnostic des causes des désordres ne se limite pas aux simples caractéristiques du matériau, mais doit prendre en considération des facteurs exogènes (la conception, la construction, l'usage et l'histoire du bâtiment). L'érosion des surfaces ou les fissures dues aux tassements de terrain sont le résultat d'une évolution très lente qui peut aller de 200 à 300 ans. Il faut prêter une attention particulière à la mise en œuvre et aux techniques constructives ainsi qu'à la terre utilisée. L'observation attentive des architectures de terre laisse apparaître trois principaux points faibles :

- ✓ La base du mur.
- ✓ Le haut du mur.
- ✓ Quelques points faibles très localisés.

Ces parties de l'édifice sont celles qui sont les plus rapidement altérées quand elles sont mal conçues. La partie moyenne du mur est moins sensible aux principaux agents de dégradation, sauf en quelques points très localisés, comme les tableaux des ouvertures, les angles extérieurs, les saillies, les gargouilles.

¹ Construire avec des matériaux naturels, les recommandations de conception architecturale en terre, p 13.

²Ibid. p.14

³ BELAID.W. Patrimoine architectural, entre technicité, confort et durabilité : Cas de la maison de L'Oukil du Sanctuaire de Sidi Boumediene, Mémoire magister, 2014, Tlemcen. P26

Les principales causes de dégradation des constructions en terre sont dues essentiellement à l'eau, et à la structure.

Les solutions traditionnelles qui sont mises en œuvre par les bâtisseurs anciens ou même contemporains, pour traiter ou pour prévenir cette pathologie classique, décrivent un catalogue de systèmes et d'éléments constructifs des plus variés. Ces systèmes sont très souvent d'une ingéniosité de conception et d'une efficacité remarquable. La protection du bâtiment en adoptant les « chapeaux » sur les acrotères des terrasses, des soubassements en pierre ou le traitement des détails, des bandes d'enduit hautes à la chaux, la protection des angles en pierre ou par renforts de terre saillants, tableaux de baies enduits au mortier de plâtre ou de chaux, ainsi que la protection par le décor et la modénature ne peut que prolonger la vie des constructions en terre.

| COMPOSITION DUREE THEORIQUE | MURS NON STABILISES | | MURS STABILISES | |
|--------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|--|--------------------------------|
| | ARGILE + GRANULATS NON PROTEGES | ARGILE + GRANULATS PROTEGES | ARGILE + GRANULATS + STABILISANTS NON PROTEGES | GRANULATS + CIMENT NON PROTEGE |
| AU DEMOULAGE | | | | |
| 10 ANS APRES | | | | |
| 50 ANS APRES | | | | |
| APPELATION COMMUNE | PISE | PISE | BTS | BETON |

Figure 2. Tableau de protection des structures en terre ; Source : craterre

3.1 Les problèmes liés à l'eau :

Les pathologies liées à l'eau sont relativement bien connues. Pour que l'eau affecte les constructions en terre, il faut réunir trois conditions¹ :

- Présence de l'eau à la surface du bâtiment ;
- Présence d'ouvertures dans cette surface qui permettraient à l'eau de s'infiltrer ;

¹ LITTLE Becky, MORTON Tom, Building with earth in Scotland, Ed. CRU, Edinburgh, 2001, p 11

- Présence d'une force qui fait pénétrer l'eau dans les ouvertures.

Le principal agent actif est la pluie. L'eau détruit complètement l'argile et emporte les résidus de sable. Cela peut arriver directement sous les gouttes d'une pluie exceptionnelle, mais le plus souvent l'action destructive est exercée essentiellement par les rigoles de pluie qui coulent sur les murs ou par les flaques d'eau qui se forment sur la base des murs.

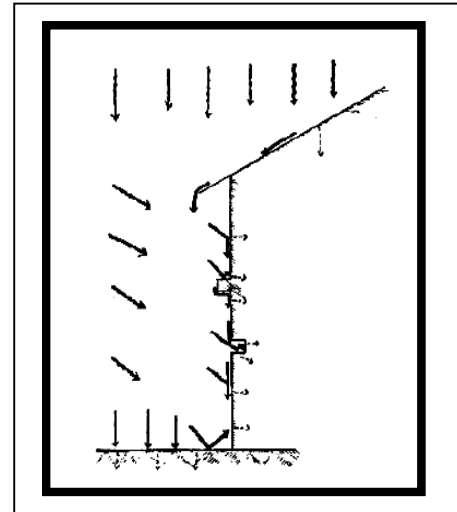


Figure 3. Schéma général de l'action de l'eau ; Source: Jacquet

Pour cela, plusieurs solutions sont possibles ; les bonnes fondations et le soubassement protègent le bas du mur, la protection des sommets et l'élimination des ruissellements. Il ne faut pas imperméabiliser les surfaces des murs qui ont besoin de respirer, éloigner les bâtiments des sources d'eau désagréable reste la meilleure solution qu'il est possible d'atteindre par le drainage périphérique. Les cycles d'imprégnation et de séchage ne sont pas très graves, c'est la stagnation de l'eau qui peut causer des désordres tels que l'altération des matériaux et l'altération de l'enveloppe du bâtiment¹.

3.2 Les actions de l'eau sur les constructions

3.2 .1 L'action de l'eau sur les saillies.

Les saillies dans les constructions en terre, corniches et modénatures, sont les plus fragiles en face des actions de l'eau, par-dessus, elles subissent des attaques par rejaillissement et par dessous des attaques par ruissellement et absorption ce qui provoquent l'érosion et le creusement de ces éléments.

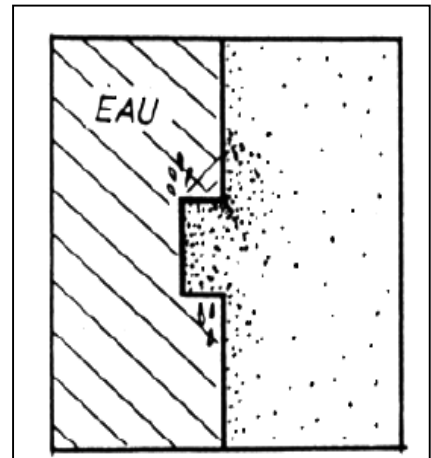
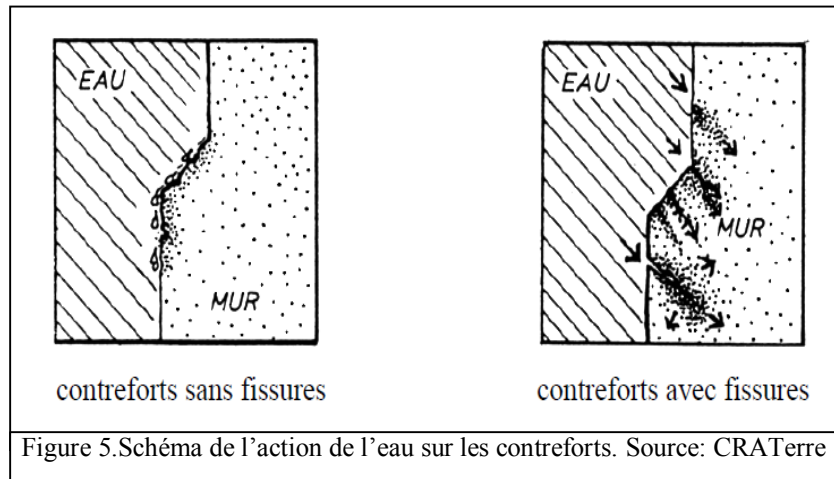


Figure 4. Schéma de l'action de l'eau sur les éléments en saillie ; Source: CRATerre

¹ BELAID.W. Patrimoine architectural, entre technicité, confort et durabilité : Cas de la maison de L'Oukil du Sanctuaire de Sidi Boumediene, Mémoire magister, 2014, Tlemcen. P.48

3.2.2 L'action de l'eau sur les contreforts :

Ces éléments subissent les attaques d'eau par ruissellement de surface. Dans le cas où le mur présente des fissures, l'eau s'introduit par infiltration en causant des érosions et des creusements.



3.2.3 L'action de l'eau sur le bas du mur :

Le bas du mur est la partie la plus exposée à l'action de l'eau, sa provenance est multiple, elle provient du ruissellement, du rejaillissement, de la remontée capillaire, des fuites de canalisations.

- Rejaillissement du jet de gargouille.

Le rejaillissement d'eau provient du jet de gargouille au pied du mur. Quand le jet est trop près du mur qui n'est pas protégé, le rejaillissement provoque l'érosion et le creusement du bas du mur ce qui cause un affaiblissement structural à ce niveau.

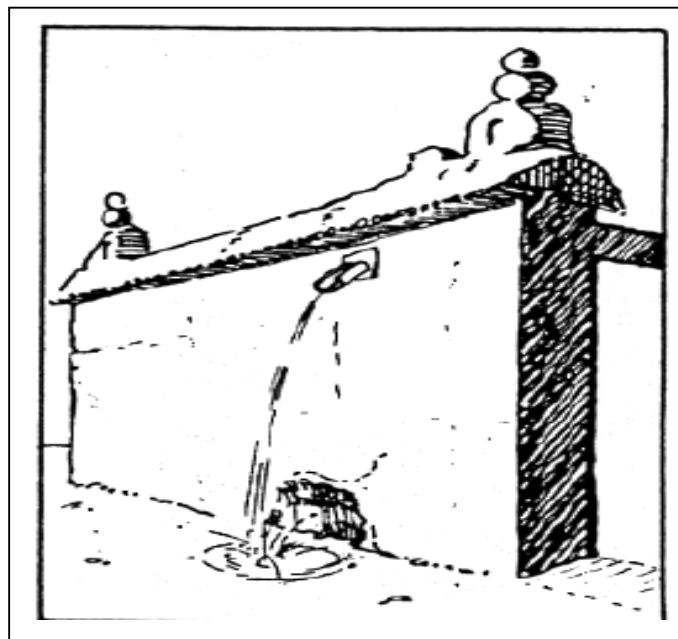


Figure 6. Action de l'eau sur le bas du mur par rejaillissement dû aux jets de gargouilles ; Source : CRATerre

➤ Rejaillissement par arrosage :

L'eau provient aussi par l'arrosage des plantes au voisinage du bas de mur qui provoque l'érosion du mur à ce niveau ainsi que son creusement. Ces actions entraînent l'affaiblissement de la structure. Sans oublier les effets des racines des plantes sur la construction.

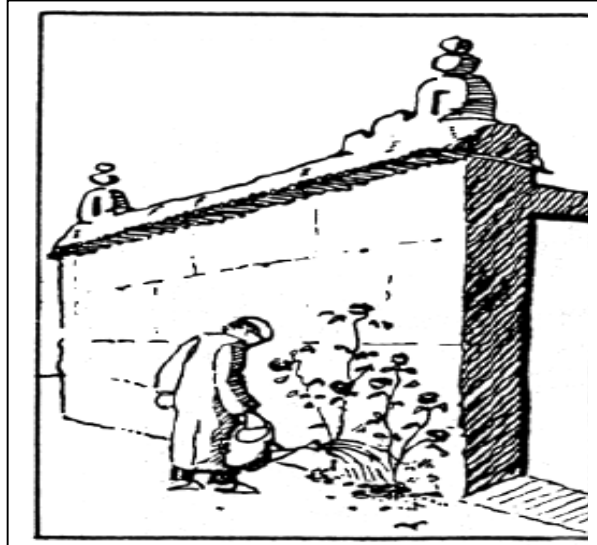


Figure 7. Action de l'eau sur le bas du mur par rejaillissement dû à l'arrosage ; Source: CRATerre

3.2 .4 L'action de l'eau sur le haut du mur :

Dans la construction en terre, le haut du mur présente toujours un point faible, c'est la partie la plus vulnérable. L'eau peut causer des dégâts considérables, pouvant aller jusqu'à l'effondrement.

➤ Rejaillissement de l'eau contre l'acrotère.

Une pluie battante sur la terrasse peut rejaillir contre la base de l'acrotère qui n'est pas protégée peut provoquer un creusement à cet endroit qui faciliterait l'infiltration de l'eau dans la partie supérieure du mur et la détérioration de l'enduit.

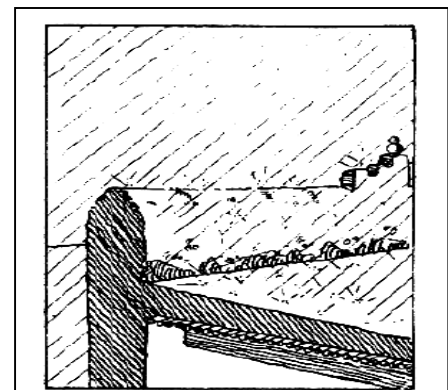


Figure 8. Schéma de l'action de l'eau sur le bas de l'acrotère ; Source: CRATerre

Le creusement causé par le rejaillissement provoque le décollement d'enduit sous le chapeau d'acrotère qui favorise la diffusion capillaire de l'humidité.

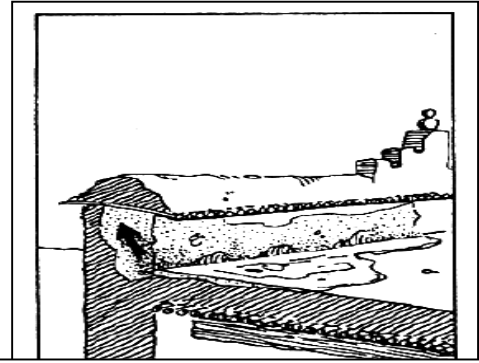


Figure 9. Schéma du décollement d'enduit sous le chapeau d'acrotère ; Source: CRATerre

➤ Infiltration d'eau dans la liaison terrasse acrotère.
Les fissures structurales à la liaison terrasse-acrotère favorisent l'infiltration de l'eau, la diffusion capillaire, l'érosion et le creusement, ce qui augmente le risque d'effondrement partiel de la bâtisse

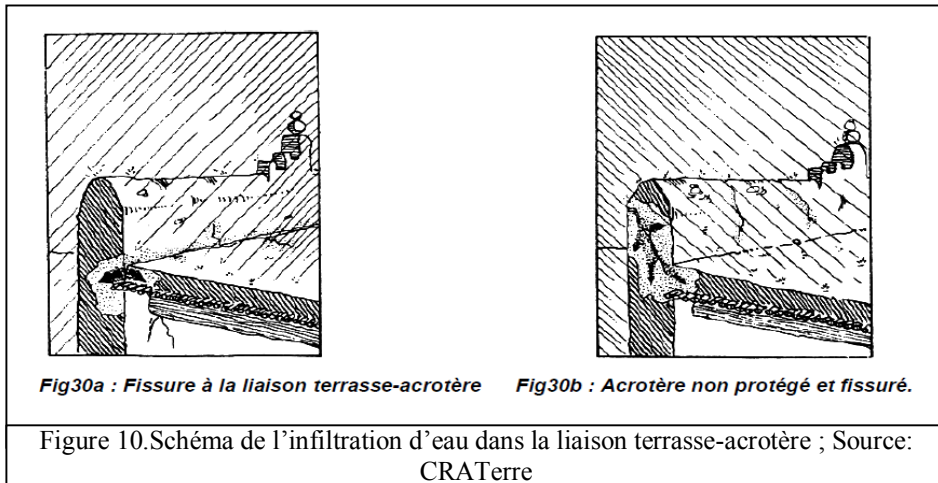


Fig30a : Fissure à la liaison terrasse-acrotère Fig30b : Acrotère non protégé et fissuré.

Figure 10. Schéma de l'infiltration d'eau dans la liaison terrasse-acrotère ; Source: CRATerre

3.3 L'action du vent :

Le vent agit sur les constructions en soulevant toutes sortes de particules dures (sable, cailloux, branches...) et les projète avec force contre les parois, l'impact de ces particules sur le mur en terre cause l'érosion et la détérioration du matériaux.

La présence d'une importante quantité de sable ou d'une faible quantité d'argile, donne un matériau

pulvérisant et peu résistant, ce qui provoque un gonflement de l'argile.

Ainsi des fissures de retrait apparaissent et provoquent une forte infiltration d'eau.



Figure 11. Action du vent sur les structures en terre ; Source: CRATerre

Dans ce cas, l'adjonction à la terre d'un stabilisant en face extérieure augmente considérablement la résistance du mur à l'érosion.

3.4 Les problèmes et La pathologie structurelle :

Le CRATerre identifie cinq types de pathologies¹, elles sont typiquement identifiées par l'apparition de fissures ou par la décomposition du matériau. Elles peuvent aller à partir de l'apparition de simples fissurations, puis des bombements (ventres), des écartements, de faux aplombs, jusqu'à engendrer à long terme, un déséquilibre causant l'effondrement des constructions².

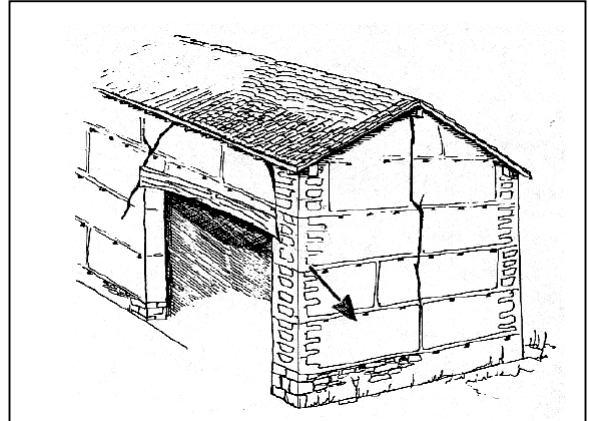


Figure 12. Différents types de fissures ; Source: CRATerre

3.5 Les problèmes au niveau des ouvertures :

Lors d'un tassement, le mur se fissure à l'endroit le plus vulnérable, en général là où il y a moins de matière. Dans le cas de grandes ouvertures, les linteaux et les arcs peuvent fléchir et causer ainsi des désordres dans la structure du bâtiment surtout s'ils sont mal ou insuffisamment ancrés.

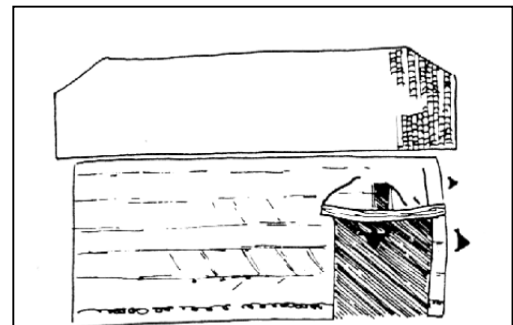


Figure 13. Flexion des linteaux ; Source: CRATerre

3.6 Problèmes au niveau des angles :

L'angle est un des éléments le plus fragile dans la construction. Des tensions perpendiculaires proviennent des murs dans le cas du tassement du sol. D'importantes fissures apparaissent également au niveau des angles.

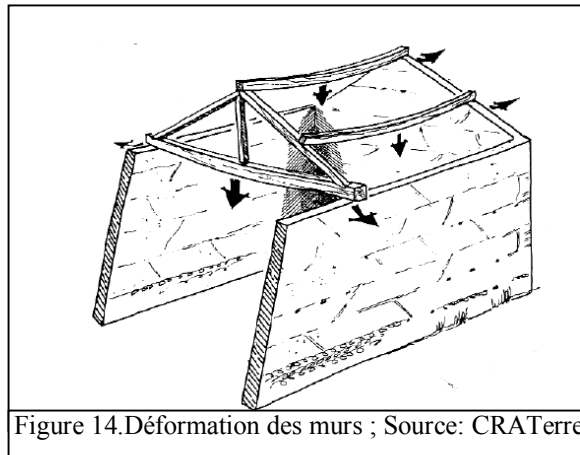
¹ CRATerre, construire en terre, Ed An Architecture, 1979, pp 244-245.

² BELAID.W. Patrimoine architectural, entre technicité, confort et durabilité : Cas de la maison de L'Oukil du Sanctuaire de Sidi Boumediene, Mémoire magister, 2014, Tlemcen. P.48

Pour pallier cette faiblesse, on renforce intérieurement le mur d'une section de bois maçonnée avec d'autres matériaux comme la pierre, la brique, le béton.

3.7 Liaison des matériaux : désordre de la charpente :

Les poussées transversales ont pour origine les charges de la toiture, les surcharges climatiques comme le vent, la dilatation ou la dégradation des bois et de leur assemblage. Les descentes de charge produisent une pression ponctuelle sous les entrails et entraînent poinçonnement et fissuration. Un mur très long, sans refend, peut sous les poussées de la charpente, se déformer vers l'extérieur, et former un ventre. Par tassement, il peut fléchir vers l'intérieur et former un creux¹



CONCLUSION

L'étude des phénomènes pathologiques les plus remarquables et leur illustration par différents cas permet de bien situer les principaux points faibles d'un bâtiment en terre, pour mieux adopter des solutions de protection qui mettent le bâtiment à l'abri des principaux agents de dégradation.

Les interventions sur les architectures de terre demandent une connaissance approfondie sur le matériau et les différents comportements de ces types de constructions, les opérateurs doivent être qualifiés pour pouvoir mieux contribuer à la préservation du patrimoine en terre.

Les solutions de protection les plus efficaces sont avant tout celles qui relèvent du traitement architectural : protéger le bâtiment plutôt que le matériau uniquement, ça veut dire agir sur le bâtiment comme une entité intégrée en soi.

¹ Zerroug Ch, Patrimoine Architecturale et urbain au Sahara, Mémoire master, 2016, Biskra. P.56

Introduction

La richesse des procédés de l'architecture en terre, sa simplicité en mise en œuvre, ses caractéristiques écologiques procurent l'autonomie technologique et la diminution de l'impact tant financier qu'environnemental et autres ; sont les raisons engendrant le grand retour de ce matériau à la construction actuelle. Ces architectures sont ancrées dans la vision contemporaine de progrès. Dans ce qui suit, nous nous proposons, de montrer dans le contexte de la production architecturale actuelle, les actualités de l'architecture en terre et ses rivalités à la lumière d'exemples réalisés dans le monde, et en Algérie.

1. Statut et actualité de l'architecture en terre :

1.1 Statut juridique et professionnel :

a) Au niveau international :

Au niveau international, de nombreuses mesures ont été prises pour la protection et la revalorisation de patrimoine en terre ; Nous mentionnons :

- () des codes de bon emploi ont été élaborés par l'ONU entre 1958 et 1964, concernant la construction en béton de terre stabilisée.
- En 1973 le Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD) a établi un texte normatif à l'occasion du projet CISSIN à Ouagadougou Burkina Faso¹
- la Réunion Internationale des Laboratoires d'Essais et Recherche sur les Matériaux et les Constructions (RILEM) et le Conseil International du Bâti pour la Recherche l'Étude et la Documentation (CIB) possèdent depuis 1987 un comité technique sur la construction en terre qui élabore des recommandations et spécifications qui peuvent être adoptées comme normes².
- En Allemagne et en Nouvelle Zélande ; existent Les seuls codes complets qui traitent spécifiquement de la construction en Bloc de terre comprimée (BTC)³
- LE développement des recommandations ou des prescriptions, par plusieurs pays notamment africains ; tels que le Maroc et la Côte d'Ivoire
- L'intégration de la construction en adobe aux codes nationaux de construction aux Etats unis

¹ HOUBEN Hugo, GUILLAUD Hubert, Traité de construction en terre, Ed Parenthèses, Marseille, 1989, P.89

² Ibid.

³ <http://www.terra-ram.com/>

- Durant les années 1970 en USA c'était la publication de "Uniform Building Code (UBC)" ; portant des modifications à adopter selon les différents états, la briques de terre "adobe" fait à la main.
- L'élaboration d'un cahier de charges en France (1982) à l'occasion du projet du *"Domaine de la terre de la ville nouvelle de l'Isle d'Abeau"*, Il présentait une référence pour les différents intervenants
- Le développement d'un code du BTC pour le gouvernement français qui a été achevé en 2002 par le centre du CRATerre à Grenoble.

En plus de l'aspect légal, une grande importance a été donnée à la formation, en partenariat avec plusieurs participants ; Nous mentionnons :

- Le centre international de la recherche en architecture de terre, "CRATerre", installé à Villefontaine en France s'adresse à tous les professionnels du bâtiment (architectes, ingénieurs, entrepreneurs et artisans) en pratiquant un programme théorique et pratique sur la production du matériau, la conception architecturale et la conservation du patrimoine architectural en terre. Cette dernière formation est dispensée avec le concours de l'ICCROM (Centre International d'Etudes sur la Conservation et la Restauration des Biens Culturels) et s'est consolidée avec le projet TERRA qui est un programme de collaboration entre plusieurs partenaires pour la recherche, la planification et l'expérimentation, la formation et la diffusion du savoir scientifique axé principalement sur la conservation du patrimoine architectural en terre et est déclarée souvent sous les labels: architecture durable, développement durable ou bio construction¹.
- Le programme Chaire UNESCO : une importante Partenariat entre la coordination scientifique de l'équipe du CRATerre et la Division de l'Enseignement Supérieur de l'UNESCO en étroite collaboration avec le Getty Conservation Institute (GCI) et l'ICCROM, travaille pour la distribution des connaissances scientifique sur l'architecture en terre, notamment par l'encouragement et l'amélioration de la formation au niveau des universités et des centres scientifiques et techniques.
- En 2008 c'était le lancement de Programme du patrimoine mondial pour l'architecture en terre (WHEAP). Il Offre des méthodes et des techniques adéquates pour la conservation de patrimoine en terre et contribue à renforcer les capacités locales. Comme programme ; Il

¹ CRATerre-EAG, Enseigner l'architecture de terre dans le monde, Ed CRATerre-EAG, Grenoble, 2001, p3

visé à atteindre une meilleure compréhension des problèmes liées au développement de politiques de conservation de l'architecture de terre, à la sensibilisation de son importance en particulier auprès des communautés locales, à travers des expositions, des conférences et des publications techniques. Le programme cherche à accroître la reconnaissance de l'architecture de terre et à créer un réseau mondial actif pour l'échange d'informations et d'expériences¹.

Ces actions et autres par les organismes internationaux incitent les pays à mieux réfléchir à la revalorisation de l'architecture de terre.

b) En Algérie :

Sur les traces de nombreux pays du monde, l'Algérie a pris des mesures légales pour protéger et préserver le patrimoine en terre ; et dans ce qui suit nous parlerons sur la situation de la réglementation et de la formation en architecture en terre en Algérie.

L'intérêt de l'Algérie pour la construction en terre remonte au début des années 70² ; par l'apparition du centre national d'étude et de recherche intégrée du bâtiment (CNERIB). Ce dernier a fait des constructions en Bloc de Terre Stabilisé (BTS)³, aussi par la réalisation de 30 logements ruraux, à Sidi Bel Abes ou les directives du premier congrès sur l'habitat rural en Algérie, orientèrent sur l'emploi des matériaux locaux ; la terre par exemple.

Depuis lors, de nombreux projets ont été affinés sur le terrain ; tel que le montre le tableau suivant :

¹ UNESCO, le programme du patrimoine mondial pour l'architecture de terre (WHEAP), 16 Aout 2007, consulté le site de l'UNESCO : <http://whc.unesco.org/fr/architecture-de-terre/>.

² Hamid BENOUALI, La réglementation technique Algérienne de construction avec les Matériaux locaux, Chercheur au CNERIB, festival archi terre, Alger, 2014.

³ Salima AHMED ALI ep AIT KADI, performance thermique du matériau terre pour un habitat durable dans la région aride et semi aride cas de Timimoune, mémoire de magister, Constantine, 2012, p15.

| Date | Technique | Nombre | Lieu |
|-----------|------------------------|--------|--------------------------|
| 1969-1970 | Terre coulée | 02 | Zéralda |
| 1970-1973 | Terre remplissant | / | Abadla |
| 1972 | Pisé | 136 | Batna |
| 1973-1975 | Pisé (R+2) | 30/300 | Bel abbesse |
| 1976 | Toub | 100 | Felliache Biskra |
| 1980 | Bloc de terre comprimé | 120 | Boussaâda |
| 1981 | Bloc de terre comprimé | 40 | Chéraga |
| 1984 | Bloc de terre comprimé | 20 | Tamanrasset |
| 1984 | Bloc de terre comprimé | 02 | Tamanrasset et Souidania |
| 1986 | Bloc de terre comprimé | 10 | Reggane Adrar |
| 1993 | Bloc de terre comprimé | 68 | Tamanrasset |
| 1999 | Pisé | 01 | Souidania (Alger) |
| 2007 | Bloc de terre comprimé | 01 | Souidania (Alger) |

Tableau 1.les opérations de construction en terre en Algérie par le CNERIB ; (Source : H. BENOUALI, La réglementation technique Algérienne de construction avec les Matériaux locaux)

Mais malgré ces réalisations, l'Algérie ne dispose pas encore d'une réglementation nette à propos de la construction en terre ; juste une présence de recommandations pour la production et la mise en œuvre des bétons de terre stabilisée approuvées en 1987.

En 1988 ; un document intitulé « Béton de terre stabilisée" a été publié par le Centre Nationale d'Etudes et de Recherches Intégrées du Bâtiment (CNERIB) ; qui contient trois parties essentielles :

- ✓ Recommandations pour la production et la mise en oeuvre des bétons de terre stabilisée.
- ✓ Guide technique du BTS (Béton de terre stabilisée).
- ✓ Notice pour l'utilisation de la presse BTS.

Ce document constitue une étape importante dans le sens d'une normalisation de la construction en terre et ouvre la voie à un large usage de la construction en BTS. Il permet aussi aux services de contrôle et de suivi de superviser la réalisation et juger de la conformité des produits et des réalisations¹.

Cependant pour la maîtrise de l'oeuvre, la réglementation algérienne présente un désavantage dénoncé depuis bien longtemps par H. Fathy². Elle prévoit une rémunération au pourcentage du

¹ Sabri M, Lalle M, Guide de gestion des marchés publics, Ed Sahel, Alger, 2000, p93

² FATHY Hassan, Construire avec le peuple, Ed Sindbad, Paris, 1970, p 229

coût d'objectif de l'ouvrage¹, ce qui rend difficile la diffusion d'une culture constructives peu onéreuses et empêche le démarrage des maîtres d'œuvres dans la construction en terre qui est considéré moins chères, l'utilisation d'autres matériaux coûteux leurs seraient plus profitables , plus lucre.

Nous pouvons dire que l'Algérie est à la traîne des autres pays qui ont élaboré leurs propres normes pour la construction en terre ; même au niveau de la formation la construction en terre ne fait pas partie du contenu de la formation dans les Instituts et centres de formation, ni dans le programme de l'Institut National de la Formation Professionnelle (INFP), le seul organisme à proposer ce type de la formation est :le CNERIB ; mais malheureusement n'a touché que le personnel technique de l'administration et n'est pas dispensée de façon continue. Sur la base d'une convention avec le CNERIB, le personnel du secteur de l'habitat peut bénéficier d'une formation intensive² concernant le matériau terre dès l'extraction jusqu'au résultat final pour le BTS seulement.

Pour l'enseignement et la recherche ; Le rapport de synthèse de la réunion internationale sur l'enseignement de l'architecture de terre évoque des tentatives d'enseignement universitaire dans les centres algériens³.Actuellement l'enseignement de l'architecture est orienté vers les technologies de pointe sans avoir négliger le volet des techniques constructives traditionnelles du patrimoine local⁴.

Aujourd'hui le Centre Nationale d'Etudes et de Recherches Intégrées du Bâtiment (CNERIB) et dans le cadre de collaboration scientifique et technique avec ses associés étrangers, le centre est passé vers la mise en œuvre de technologies appropriées qui visent à accroître et à agrandir l'utilisation des matériaux locaux.

Actuellement deux axes de recherche ont été élaborés au niveau du CNERIB afin de relancer l'utilisation des matériaux et des structures en terre :

- La connaissance du matériau.

¹ Arrêté interministériel du 15 mai 1988 portant modalité d'exercice et de rémunération de la maîtrise d'oeuvre en bâtiment. (JORA. n°43 du 26 octobre 1988 pp 1152 -1162).

² <http://www.cnerib.edu.dz/>

³ Chaire Unesco-consortium Terra, Enseigner l'architecture de terre dans le monde bilan et perspectives, Ed. CRATerre-EAG, Grenoble, 2001.p3

⁴ ZEROUALA Mohammed Salah, « L'enseignement de l'architecture en Algérie », in Construire n°37, Alger, 1990, p 18

➤ L'utilisation de la terre dans la construction¹

Pour le premier axe, les recherches ont concerné plus le BTS et en deuxième lieu le pisé pour leur développement et leur modernisation. Ces recherches ne concernent pas les autres techniques connues et utilisées en Algérie. Pour le second axe, les études architecturales ne sont pas encore menées, il concerne les formes architecturales générales afin de proposer les solutions accomodées aux modes de vie des utilisateurs des solutions techniques pour les détails architecturaux et enfin la résistance et la tenue dans le temps des structures en terre².

C'est vrai que l'architecture en terre n'appréciait d'aucun intérêt particulier, cependant, elle connaît dernièrement un regain d'intérêt, où l'EPAU d'Alger ; actuellement l'ENSA a organisé, des journées d'études portant sur la promotion des architectures de terre ; dans le cadre de collaboration scientifique avec des étrangers, et sous l'égide du ministère de la culture en 2012 et plusieurs autres occasions.

2. Conservation des architectures de terre :

De nos jours ; la transmission des savoir-faire venus du passé est une étape importante car ils sont les témoignages du génie créateur. Des cultures constructives sont encore vivaces dans quelques régions du monde, nécessitent d'être valoriser, conserver et pérennisées, afin d'être transmis par la suite aux populations futures.

Parmi les différents programmes œuvrant à la préservation et la promotion de l'architecture en terre, nous citons :

2. 1 Le programme Africa 2009 :

Le projet est né de la coordination de (CRATerre, ICCROM, le centre du patrimoine mondial de l'UNESCO). L'objectif principal du programme est l'amélioration à long terme des conditions pour la conservation du patrimoine culturel immobilier, grâce à sa meilleure intégration au sein d'un processus de développement durable. Le programme a surtout permis la conservation entre

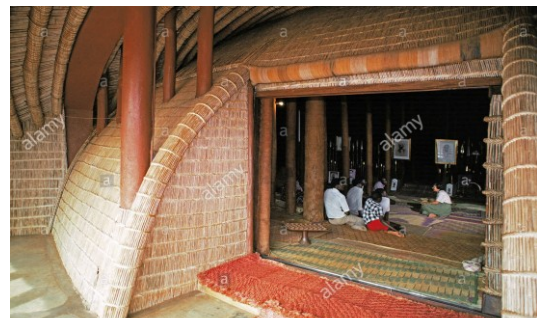


Figure 1. Entrance to Kasubi Tombs Kampala Uganda East Africa ; Source : <https://www.alamy.com>

¹ Olivier M, évolution des recherches effectuées au CNERIB sur la construction en terre (rapport de mission), CNERIB, Alger, 1988, p 10

² Olivier M, évolution des recherches effectuées au CNERIB sur la construction en terre (rapport de mission), CNERIB, Alger, 1988, p 10

autre des mosquées de Tombouctou, les palais Ashanti et les tombes des rois du Buganda a Kasubi¹.

2.2 Le projet TERRA

Né en 1997, avait pour finalité: l'étude et la conservation de l'architecture en terre, et les faire partie des domaines de la recherche, de la formation, de la planification et de l'expérimentation.

Les objectifs majeurs du projet :

- Établir l'état actuel des connaissances sur la conservation du patrimoine en terre.
- Caractériser les propriétés du matériau et déterminer les causes de sa dégradation.
- Développer et évaluer les procédures d'intervention à travers des essais de laboratoire et de terrain.²

2.3 Le contrat global de développement « Isère, porte des Alpes » (2001)

Le projet a abouti à la mise en place de plusieurs manifestations culturelles autour du pisé, «Tout autour de la terre », «Grains d'Isère », la sensibilisation des politiques et du public à travers des ateliers pédagogiques et de découverte à l'exemple de « Grains de bâtisseurs »³.

3. L'architecture en terre de nos jours :

Présenter quelques réalisations contemporaines en terre, est indispensable afin de montrer que ce matériau n'est plus celui des pauvres ; mais il peut donner des réalisations modernes luxueuses en valorisant ces potentialités d'inertie thermique, de simplicité, de durabilité et de dureté dans le temps :

✓ Exemple 01 : maison Martin Rauch

Le pisé comme un matériau principal de construction était le choix de Martin Rauch . Ce bâtiment s'intègre parfaitement à son environnement. Il est Conçu avec l'architecte Roger Boltshauser. Cette habitation relève d'une expérimentation de la technique de la construction en pisé : ils n'ont pas voulu protéger la construction de manière classique, c'est-à-dire à l'aide des « bonnes bottes et bon chapeau » mais bien grâce aux propriétés mêmes des matériaux employés. Le procédé mis en oeuvre ici permet de contrôler l'érosion des murs de terre crue en les entrecoupant par des bandes de terre cuite en saillie. Ainsi, le ruissellement de l'eau est ralenti, diminuant son action abrasive et protégeant l'ouvrage de l'écoulement des eaux pluviales. Une réflexion particulière sur les lois de l'entropie a également été menée par les concepteurs dans ce bâtiment afin que l'énergie

¹ www.craterre.org/action:programmes.

² BELAID Wafa, Patrimoine architectural, entre technicité, confort et durabilité : Cas de la maison de L'Oukil du Sanctuaire de Sidi Boumediene, université Abou Bakr Belkaid- Tlemcen ,2013

³ ibid

initialement investie dans la construction puisse diminuer au fur et à mesure de la dégradation du bâtiment jusqu'à sa disparition. À l'intérieur également, on retrouve le matériau terre : les enduits ont été réalisés à l'aide d'un crépi de sable et d'argile blancs, offrant une clarté époustouflante aux pièces de vie. Depuis sa création, cette maison a reçu plusieurs récompenses. On peut citer par exemple le prix de l'Architecture Durable Fassa Bortolo. Elle a également été désignée comme « meilleure maison individuelle du Vorarlberg par le centre d'architecture de Vienne »¹



Figure 2. maison Martin Rauch (source : Jehanne PAULUS, 2010)

✓ **Exemple 02 : la Maison de la montagne RICK JOY :**

Considéré comme l'un des successeurs de l'Américain Frank Lloyd Wright à cause de l'intégration de ses bâtiments au paysage et l'usage de matériaux non traditionnels ; qui ne sont pas communs à notre époque. RICK JOY utilise le pisé afin de répondre aux exigences dictées par l'architecture du désert et de fondre son architecture dans le paysage. La terre, directement issue du site, permet de réduire les coûts de transport et ne nécessite pas de transformation. Les murs de pisé « présentent un aspect monolithique et minéral dont la couleur de la terre répond aux tonalités du paysage, tandis que les lignes horizontales évoquent une roche naturelle ». Comme Joy le dit lui-même, il veut « créer une architecture qui est régionalement sympathique et bien ancrée dans le contexte et la communauté de son lieu d'implantation ». Le confort thermique de ses habitations est assuré grâce à la régulation thermique des murs de terre et par des ouvertures peu nombreuses et de tailles limitées offrant tout de même « une architecture lumineuse et ouverte »²

¹ Salima AHMED ALI ep AIT KADI, performance thermique du matériau terre pour un habitat durable dans la région aride et semi aride cas de Timimoune, mémoire de magister, Constantine, 2012, page40.

² Ibid, p42.

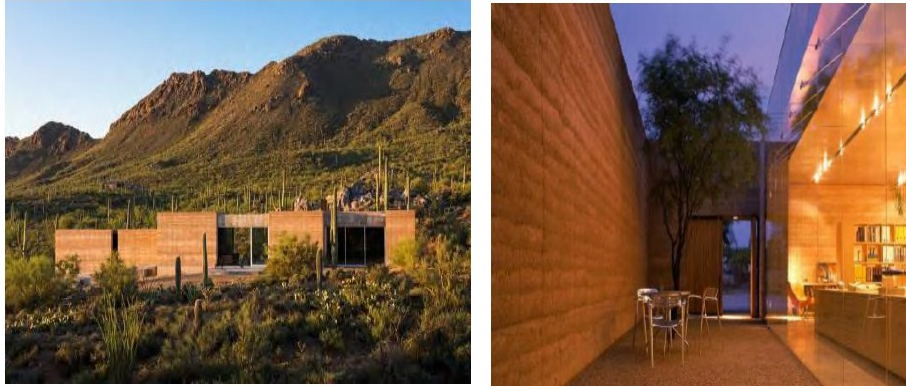


Figure 3. Rick Joy: Tucson Mountain House; Rick Joy Architecture Studio; (Source : Jehanne PAULUS, 2010)

✓ **Exemple en Algérie :**

En Algérie ce type d'architecture est connue dans toutes les régions du pays, du nord jusqu' au sud. La différence est dans la technique utilisée ; ces ouvrages sont groupés sous l'appellation de l'architecture traditionnelle ou vernaculaire ; c'est un exemple de savoir-faire et une leçon d'architecture qui doit être valoriser et apprécier.

3.1 le vernaculaire:

L'adjectif vernaculaire d'origine latin : « vernaculus » qui signifie selon le dictionnaire historique de la langue française ce qui est : « relatifs aux esclaves nés dans la maison » et au figuré « qui est du pays indigène ».

« Le patrimoine bâti vernaculaire suscite à juste titre la fierté de tous les peuples. Reconnu comme une création caractéristique et pittoresque de la société, il se manifeste de façon informelle, et pourtant organisée ; utilitaire, il possède néanmoins un intérêt et une beauté. C'est à la fois un reflet de la vie contemporaine et un témoin de l'histoire de la société. Bien qu'il soit œuvre humaine, il est aussi le produit du temps. Il serait indigne de l'héritage de l'humanité de ne pas chercher à conserver et à promouvoir ces harmonies traditionnelles qui sont au cœur même de son existence et de son avenir. »¹

« Le patrimoine bâti vernaculaire est important car il est l'expression fondamentale de la culture d'une collectivité, de ses relations avec son territoire et, en même temps, l'expression de la diversité culturelle du monde »²

¹ La charte du patrimoine bâti vernaculaire 1999

² La charte du patrimoine bâti vernaculaire 1999

Pierre Frey définit le vernaculaire comme des démarches qui tendent à agencer de manière optimale les ressources et les matériaux disponibles en abondance, gratuitement ou à très bas prix, y compris la plus importante d'entre elles : la force de travail.

Amos Rapoport souligne que « étant donné un certain climat, la possibilité de se procurer certains matériaux, les contraintes et le moyens d'un certain niveau technique, ce qui décide finalement de la forme d'une habitation et modèles les espaces et leurs relations, c'est la vision qu'un peuple a de la vie ». Ainsi, le concept de vernacularité est intimement lié à l'homme avec des rapports riches et complexes à la nature.¹

Et si on parle de l'architecture vernaculaire ; l'Algérie présente mille exemples et exemple notamment celle construite en terre ; tel que : L'habitat Ghermoul d'Alger centre. Elle présente un témoignage du bâti Colonial réalisé sur plusieurs étages en maçonnerie de moellon de pierre hourdé au mortier terre et chaux (Fig.07) ; un autre exemple au sud le Toub de terre est le matériau le plus répandu (les ksour par exemple). (Fig. 08 et 09)



Figure 4.habitat Ghermoul Alger centre.
(Source : H. BENOUALI)

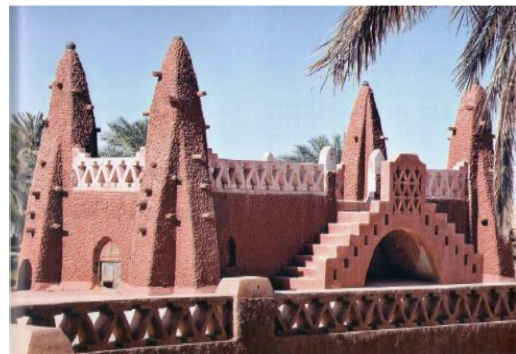


Figure 5 .ksar Hamra Timimoune ; Source :
google.com/site/archinova16/oasis



Figure 6 ksour de menaà_Batna ; source : auteur

¹ Marie- France Bisson, vers une compréhension de la notion d'architecture vernaculaire et de ses liens avec la modernité architecturale, Université du Québec à Montréal, Aout 2007

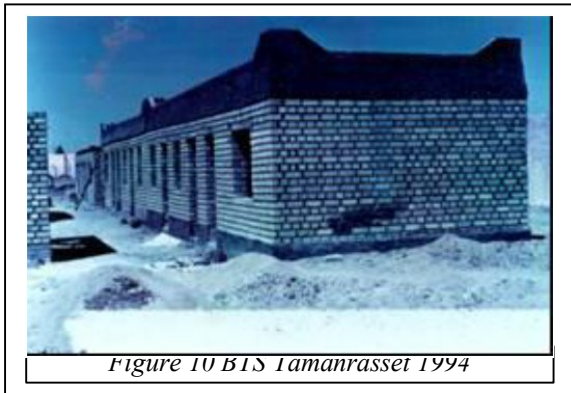


Figure 10.BTS Tamanrasset 1994

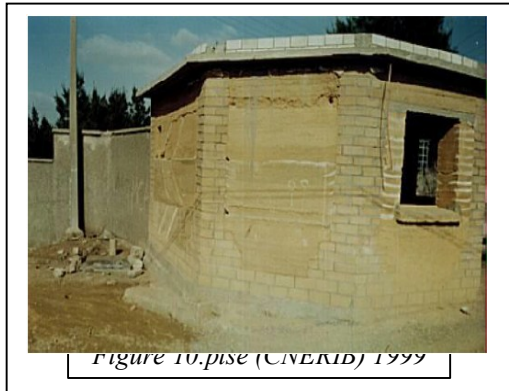


Figure 10.pise (CNERIB) 1999



Figure 10.BTS CNERIB 2007

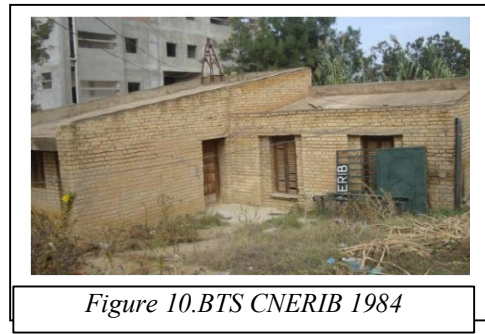


Figure 10.BTS CNERIB 1984

(Source : H. BENOUALI, 2014)

4. Exemple de la Revalorisation du patrimoine architectural en Terre :

4.1 Hassan Fathy : projet el Gourna

En parlant de la revalorisation de l'architecture en terre, on se trouve absolument à la majesté de grand architecte égyptien Hassan FATHY (1900-1989) qui a marqué l'histoire de l'architecture contemporaine comme innovateur de la renaissance de l'architecture arabe en évitant le Mouvement Moderne et ses principes par « construire avec le peuple » et lui donner la parole pour s'exprimer avec des constructions qui seront l'expression permanente et visible du caractère de la communauté ; Il pense qu'il est du devoir de l'architecte de rendre aux habitants la confiance en leur culture qui tend à disparaître à jamais loin des fausse tradition .

A l'époque des années 30, la plupart des architectes égyptiens comptèrent sur l'importation des matériaux de constructions des pays occidentaux, pour construire, seulement les circonstances n'ont pas été favorables, alors que la guerre éclata et toute construction fut arrêtée.¹

Hassan Fathy : est né le 23 mars 1900 Alexandrie, d'origine nubienne, diplômé en architecture de l'Ecole Polytechnique de l'Université du Caire, mort en 1989

¹ Hassan FATHY, construire avec le peuple, édition sundbad 1979 P 29.

Dr. Hassan visé de produire un espace approprié aux paysans égyptiens qui arrangent entre la tradition et la vie contemporaine, « C'était de construire un village où les fellahs mèneraient le genre de vie que je souhaite pour eux. »¹ ce qui a été traduit par le projet du nouveau village Gourna, qui se situe à l'ouest de Louxor en Egypte, fait construit entre 1945 et 1948 au 20^{ème} siècle. Le nom Gournat signifie le sommet de la montagne ; ou il a utilisé la terre comme un matériau de construction pour ce village.



Figure 11. Le village de Gournat en Egypte. (Source :Bakri N.)

L'architecte égyptien Hassan Fathy, en se lançant dans l'épreuve architecturale du village de Gourna, présente des constructions économes et expérimente de nouveaux procédés constructifs avec une esthétique de qualité, il fait participer le peuple à la construction de leurs maisons et exploite les traditions locales ; en s'inspirant des maisons bien airées des mamelouks du Caire ottoman ,intelligemment protégées et ventilées par la présence d'un halls sur deux étages, aussi les anciens procédés de construction indigène encore adoptées dans les zones rurales caractérisés par leurs arcs inclinés, leurs coupoles sur trompes, leur plan carré en spirale continue ; Il est qualifié comme le symbole de résistance, de persistance et d'enrichissement de la pensée architecturale mondiale fondée sur des valeurs islamique².

¹ Hassan FATHY, Construire avec le peuple, Editions Jérôme Martineau, Paris 1970, p. 23.

² د. عبد الباقي إبراهيم. المنظور الإسلامي للنظرية المعمارية. مركز الدراسات التخطيطية والمعمارية. مصر

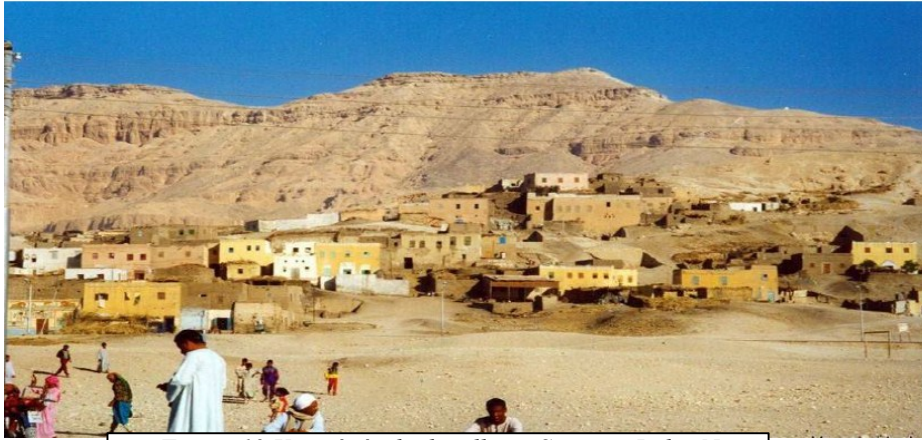


Figure 12. Vue générale de village. Source : Bakri N

Le village de Gournia avait une composition urbain/architecturale bien étudié ; ses maisons sont collées les unes aux autres selon le principe de plan compact. H.F a utilisé les toits en voûte pour repousser les radiations solaires en raison d'assurer un confort optimal surtout que le village se situe dans un climat aride ; chaud durant la journée mais froid la nuit.



Figure 14. les maisons de village ; Source : Zarrouk CH



Figure 13. La technique de la voûte nubienne à l Gournia ; Source : Zarrouk CH

« La voûte, le dôme, les trompes et les pendentifs, les arches et les murs fournissent à l'architecte, déclare-t-il, un champ illimité d'enchevêtrements rationnels de lignes courbes allant dans toutes les directions, avec un harmonieux passage de l'une à l'autre. »¹

Vu les conditions économiques du pays à l'époque ; l'architecte s'est trouvé obligé de penser à la construction la moins chère de tous les aspects ; il optait pour une architecture de briques en terre crue avec des voûtes sans cintres, pour économiser le bois.

¹ Hassan FATHY, Construire avec le peuple, Editions Jérôme Martineau, Paris 1970, page 39.

La brique de boue, mais pourquoi pas ? Certes les habitations des paysans étaient petites, sombres, sales et peu confortable, mais ce n'est pas la faute de la brique de boue¹. La terre fut donc la solution miracle pour hassane fathy ; mais avant de Restaurer la confiance dans la Brique de boue et réaliser ce miracle devait être fouillé et recherché dans les sites et vestiges antiques des anciens égyptiens pour but de comprendre les techniques utilisés à l'époque, la recherche ne s'est seulement pas limité aux techniques mais de chiner les hommes qui les maîtrisent . Les recherches ont abouti au développement des anciennes mises en œuvres de la terre.

c'était une idée maîtresse, la revalorisation des techniques anciennes et de la terre a concilié et réconcilié l'homme et son passé, un grand obstacle d'ordre psychologique fut bien dépassé². Il y'a pas une architecture pauvre pour les pauvres, mais de matériaux simples.



Figure 15. application du savoir-faire antique, méthode sans coffrage ; (Source : construire avec le peuple Ed : sindbad)

Les habitations en brique d'adobe ont fourni une température intérieure confortable toute l'année ; en plus de l'aération qui était grâce à un système appelé el Malqaf³ qui permet d'introduire et faire sortir l'air dans la maison

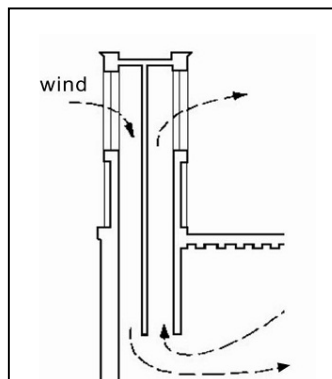


Figure 17. dessin explicatif du principe de



Figure 16. L'utilisation de Malqaf.

¹ H. Fathy , construire avec le peuple edition sundbad 1979 P 28.

² Tahar BERREHAIL, La terre un matériau de construction, Une alternative pour une solution durable, Université Constantine, 2009, page 68.

³ El malkaf : « tour du vent » est un élément traditionnel d'architecture persane utilisé depuis des siècles pour créer une ventilation naturelle dans les bâtiments, en particulier dans la pièce à vivre

Les murs et les toits des maisons du village était sans coffrages ou étaieiment ni utilisation de ciment, la revalorisation de cette technique ancienne répond à la fois au côté économique et social .



Figure 18.construire sans coffrage ; (Source : construire avec le peuple)

Les idées et les concepts de H. Fathy ont été considérés à son époque comme une révolution mais actuellement ils sont devenus parmi les principes de la construction durable. Malgré l'échec de son projet « Gournah » il a été un déclencheur de faire une transition appropriée vers les recherches dans le domaine de l'architecture en terre. H. Fathy a un point de vue particulier sur la base de patrimoine. Il ne construit pas seulement les murs et le plafond, mais la vie et la culture du patrimoine sont pérenne pour lui.

L'idée de puiser dans le patrimoine ancestral et développer une solution qui s'accorde avec les valeurs contemporaines en harmonisant le progrès humain à son environnement était inconcevable si non inacceptable. Et si la théorie de Hassan fathy connaît beaucoup d'avantages et d'inconvénients notamment tout ce qui se rapporte aux difficultés administratives et financières, sa pensée n'a pas connu de propagation, à cause probablement à son incompatibilité au système administratif ou à l'incompréhension du système à son expérience qui ne s'adapte plus aux données réelles¹

Enfin ce qu'est à retenir dans cette expérience extraordinaire de H. Fathy, c'est :

- La volonté et la persistance sont bien nécessaires pour défendre et plaider la bonne cause.
- Le patrimoine est une réserve parfois miraculeuse, pour nos problèmes contemporains

¹ د عبد الباقي إبراهيم. المنظور الإسلامي للنظرية المعمارية. مركز الدراسات التخطيطية والمعمارية. مصر

- La terre est une matière, bien que présente partout, peut être exploitée à des fins techniques et elle présente un potentiel concurrentiel, sur tous les plans. • mettre en valeur l'identité culturelle et patrimoniale¹

4.2 Le pisé préfabriqué (Martin RAUCH) :

Martin RAUCH ; un artiste autrichien ou son parcours incomparable l'a mené jusqu'à la construction en terre crue en devenant l'un des maîtres du renouveau du pisé en Europe, avec de nombreux projets formidables utilisant son savoir-faire en terre crue.

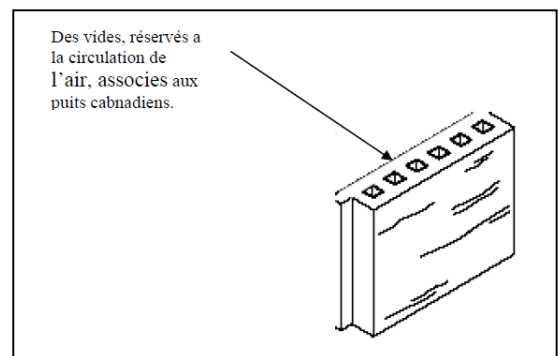
Son atelier est à la région du Vorarlberg, qui abritait le mouvement de Baukünstler, groupée d'architecte d'après Dominique Gauzin-Müller² connus par être selon « *Soucieux des économies de matière et d'énergie, leur approche est une synthèse de ce qui est esthétiquement souhaitable, constructivement raisonnable, et socialement justifiable.* »

La collaboration entre sa connaissance profonde de l'argile crue et sa créativité artistique a permis de proposer aux architectes un matériau qui dispose de toutes les qualités spécifiques de la terre présentant des solutions économiques en adaptant la mise en œuvre du pisé à chaque chantier.

- Exemple :

La réalisation d'un bâtiment (imprimerie), avec une ossature bois, la bâtis est de deux niveaux dont l'espace centrale la structure en bois est combinée avec 160 blocs de pisé préfabriqué.

Les blocs de pisé, utilisés, de formats 1,7 x 1,3 x 0,4 mètres ont été réalisés en atelier puis transporter jusqu'au chantier par camion. La réalisation de ces éléments a demandé 3 mois de travail et 208 tonnes de terre³



Ces blocs préfabriqués de 40 cm d'épaisseur sont des murs hypocaustes. Des réservations ont été réalisées à l'intérieur des blocs sous la forme de passages verticaux qui permettent la circulation de l'air. Ils sont combinés à un système de puits canadiens qui permet le rafraîchissement de l'air en été sans courant d'air et son préchauffage en

¹ Tahar BERREHAIL, La terre un matériau de construction, Une alternative pour une solution durable, Université Constantine, 2009, page 69.

² Dominique Gauzin-Müller Architecte et journaliste française Vivant en Allemagne depuis de nombreuses années ; travers ses différents livres et articles, elle est un relais des expériences d'un nord de l'Europe en terme d'architecture écologique et de construction en bois.

³ Julien Chabane, DSA, Une ossature bois spécifique au remplissage, 2006 –Grenoble

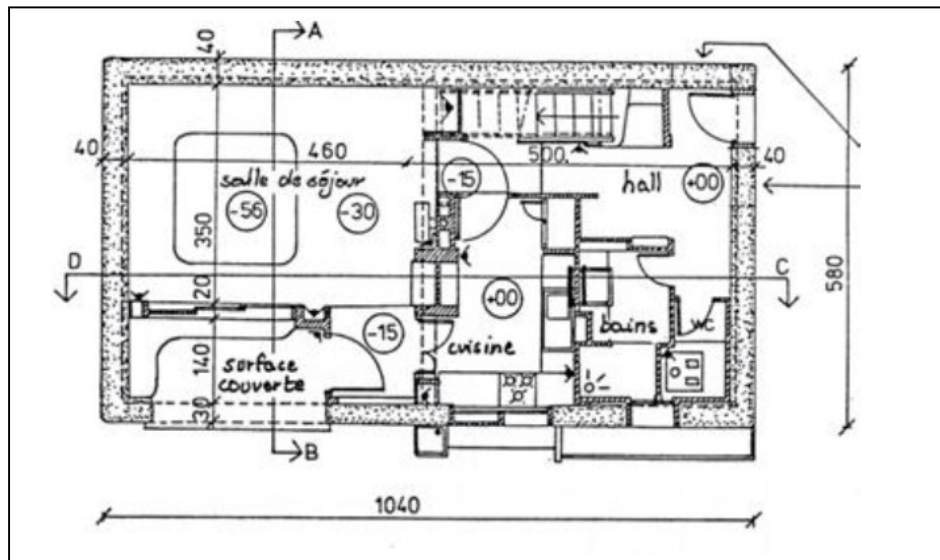
hiver. Les blocs en terre garantissent ainsi un climat intérieur thermique idéal sans radiateurs conventionnelles ni système d'air conditionné¹.



Figure 19.assemblage et pose de blocs de pisé sur le lieu du chantier ; Source : CRAterre

4.3 l'expérience Algérienne(projet Mustafa Ben Brahim) :

Lors du premier congrès sur l'habitat rural en Algérie en 1973 ; l'accent était mis sur l'utilisation des matériaux locaux, de là est venue l'idée de l'utilisation de la terre stabilisée. Mustafa Ben Brahim près de Sidi-Bel-abbès devait être une opération pilote de construction en terre pour les mille villages agricoles lancés en 1970².



¹ Tahar BERREHAIL, La terre un matériau de construction, Une alternative pour une solution durable, Université Constantine, 2009, page 66.

² SALMI Safia, la construction en pise entre performances énergétiques et perception des usagers cas du village kabyle AIT ITCHIR , mémoire de magister, Tizi Ouzou, 2014 ; p18

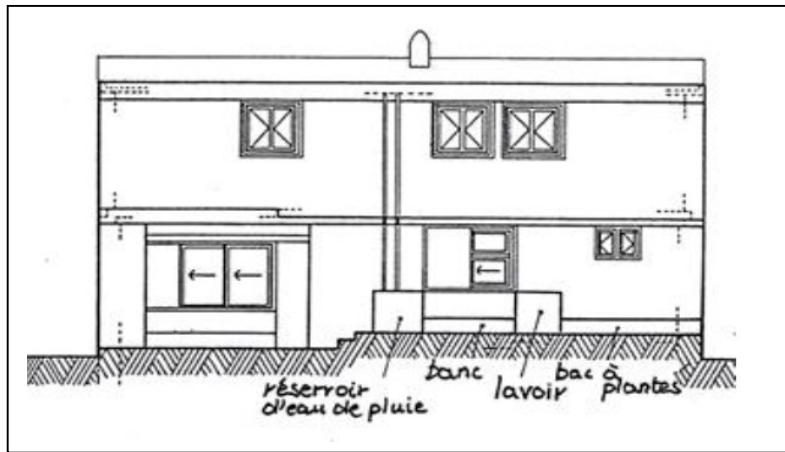


Figure 20.plan et façade d'un exemple d'habitation du village

Ce village fait partie des premières expériences de l'état algérien pour la production architecturale en terre. Il a une réputation internationale puisqu'il a été présenté dans un rapport de « Economic Commission of Africa » des Nations Unies en 1976¹

Le chantier fut arrêté à la suite des rapports officiels des services techniques soumis aux responsables politiques. Ces derniers s'opposaient continuellement à l'utilisation de la terre et demandaient sans cesse des assurances sur l'état du bâti des constructions (la décomposition du matériau, les fissurations et la résistance des bâtiments aux séismes et aux charges d'exploitations). Le chantier fut arrêté malgré les démonstrations techniques rassurantes réalisées.²

Nous pouvons observer dans cette expérience que les paramètres qui ont fait le succès des expériences étrangères sont complètement absents par cette approche volontariste et élitiste tant technologique qu'humaine où les travaux de réalisation étaient contraires aux objectifs énoncés de fait que³ :

- Les habitants sont complètement écartés et la population ne signifiait qu'une main- d'œuvre à exploiter.
- La tradition constructive et le savoir-faire local n'ont pas pu intervenir dans le choix des procédés de production mis en œuvre dans le projet.
- Le respect des besoins de la population qui faciliterait l'acceptation du produit.

¹ SALMI Safia, la construction en pise entre performances énergétiques et perception des usagers cas du village kabyle AIT ITCHIR , mémoire de magister, Tizi Ouzou, 2014 ; p18

² Ibid

³ ibid

- L'absence de toute formation ou sensibilisation ce qui aurait pu éviter l'apparition des objections d'ordre technique, qui étaient la cause directe de l'arrêt des travaux.

5. Conclusion :

Le patrimoine architectural est une source, et un héritage culturel inerte qu'il faut revitaliser et revaloriser, car la tradition a prouvé qu'elle est un vrai réacteur socio-économique et culturel ; et à travers les exemples mentionnés dans ce chapitre nous pouvons déduire l'importance de l'utilisation de la matière terre comme matériau pour avoir des solutions au niveau de la construction surtout avec les problèmes de notre ère ; ce qu'il nous faut c'est juste la traiter en tant que matière loin des préjugés à caractères psychologiques et la soumettre à des recherches très approfondies afin de la maîtriser et connaître ses potentialités techniques, faciliter son insertion dans les courants modernistes et permettre l'équilibre entre l'homme et son environnement

Après l'échec d'El Gourna et l'expérience algérienne ; on peut dire qu'il est indispensable d'associer tous les acteurs à toutes les échelles de décision. (Décideurs politiques, économistes, architectes, organismes socioculturels etc.... et lui donner un cachet assimilé à de bonnes valeurs.

La pratique constructive en terre caractérisait le panorama de la plupart des régions dans notre planète mère jusqu'à un temps proche, malheureusement elle a connu une forte régression face à d'autres matériaux de construction plus modernes.

Les constructions en terre subissent des attaques destructrices dues à l'assaut du temps entraînant leur dégradation et leur abandon. L'appauvrissement du monde rural et la crise du secteur agricole qui avait une forte relation avec la terre sous toutes ses formes a accéléré son abandon comme matériau de construction en lui collant l'étiquette de pauvreté et de misère, cette image négative sur la terre qui l'a tout le temps accompagné représenté son premier ennemi.

Nous avons donné la priorité dans ce travail à la recherche des facteurs qui ont causé l'abandon de ce matériau, ces derniers nous permettent de connaître et de maîtriser ce phénomène et proposer des solutions adéquates dans le but d'atteindre la renaissance de l'architecture de terre avec de nouvelles techniques et de nouveaux procédés, et inciter par la suite la participation sociale dans la sauvegarde de du patrimoine architectural.

Cette étude nous a permis aussi de comprendre que l'architecture de terre recherche une synthèse harmonieuse entre le confort de l'occupant et le respect de l'environnement. Elle se propose comme l'une des solutions les plus prometteuses du fait de ses hautes performances, de plus, le matériau est réutilisable à l'infini. C'est un matériau écologique, durable et renouvelable.

Enfin, nous invitons à partir de cette recherche, à améliorer l'image de l'architecture de terre à travers la revalorisation du patrimoine culturel qui est l'identité des peuples dont nul ne peut renoncer ses origines. par conséquent et pour la revalorisation de l'architecture de terre, plusieurs recommandations s'avèrent indispensables:

- La sensibilisation du grand public sur la nécessité de l'utilisation de ce type de matériaux surtout avec les problèmes de l'environnement liés à notre ère ou l'urgence du retour à l'utilisation des matériaux naturels et propre.
- La normalisation de la terre en tant que matériau de construction et inciter les acteurs d'urbanisme et d'architecture (décideurs, entrepreneurs, architectes, mains d'ouvres, ...) à utiliser ces types de matériaux écologiques et durables.

- Elargir le champ d'utilisation de ce matériau par la réalisation des échantillons plus vastes avec les nouvelles techniques appropriées selon les zones.
- Améliorer l'état du bâti pour rendre les constructions moins sensibles aux différents obstacles de réalisation, et les caractéristiques du matériau à fin d'offrir des espaces plus durables.

1 . Les livres :

- **Bruno PIGNAL**, terre crue technique de construction et restauration, édition Eyrolles.
- **Hassan FATHY**, construire avec le peuple, édition sundbad 1979
- **Hassan FATHY**, Construire avec le peuple, Editions Jérôme Martineau, Paris 1970
- **Hugo HEUBEN et Hubert GUILLAUD**, Traité de la construction en terre, Ed Parenthèse CRATERRE ,2013
- **Nadia HOYET**, matériau et architecture durable, ED Dunod, Paris, 2013

2 . Mémoire de master et magister :

- **BEKRI N et KADRI M**, L'architecture de terre, entre tradition et modernité, une nouvelle alternative vers une conception écologique, Mémoire master, Université Larbi ben Mhidi, 2015.
- **BELAID.W**. Patrimoine architectural, entre technicité, confort et durabilité : Cas de la maison de L'Oukil du Sanctuaire de Sidi Boumediene, Mémoire magister, 2014, Tlemcen.
- **Islam DALI**, la réhabilitation de l'hôtel de Sahara en hôtel écologique, mémoire de master en architecture et patrimoine, Biskra, 2015
- **Safia SALMI**, La construction en pisé entre performance énergétique et perception des usagers cas de village kabyle Ait Achir, mémoire magister, Tizi Ouzou, 2014
- **Salima AHMED ALI EP AIT KADI** , performance thermique du matériau terre pour un habitat durable de la région aride et semi-aride cas de Timimoune, mémoire de magister, Tizi Ouzou, 2012
- **Sonia Alili**, Guide technique pour une opération de réhabilitation du patrimoine architectural villageois de Kabylie, université Mouloud Maamri, Tizi Ouzou, juillet 2013
- **Tahar BERREHAIL**, La terre un matériau de construction, Une alternative pour une solution durable, Université de Constantine, 2009.
- **Z. Derradj**, Etude des conditions techniques optimales du mélange « terre paille » en vue de la construction de logements à Ronquières en Belgique, mémoire de Magistère à l'université catholique de Louvain, 1987.
- د عبد الباقي إبراهيم. المنظور الإسلامي للنظرية المعمارية. مركز الدراسات التخطيطية والمعمارية. مصر

- د. قبيلة فارس المالكي. العمارة المعاصرة في العالم الإسلامي. هويتها وأثر التكنولوجيا فيها. جامعة بغداد. العمارة العربية الإسلامية. اشكالية الهوية.
- د. وضاح العابدي. العمارة العربية الإسلامية. اشكالية هوية العمارة العربية الإسلامية. اشكالية الهوية. المؤتمر المعماري الأول لنقابة المهندسين. المعماريين الأردنيين - سبتمبر 1998 عمان.

3 . **Les chartes et lois :**

- Journal officiel de la république algérienne N°26, 5 Rajab 1434/15 Mai 2013, p.14.15
- La charte du patrimoine bâti vernaculaire 1999
- Loi n° 98-04 du 20 Safar 1419 correspondant au 15 juin 1998 (la protection du patrimoine culturel), Chapitre III

4 . **Actes de colloques et journées scientifiques :**

- **Hamid BENOUALI**, La réglementation technique Algérienne de construction avec les Matériaux locaux, Chercheur au CNERIB, festival archi terre, EPAU, 2014.
- **Hamid BENOUALI**, La réglementation technique Algérienne de construction avec les Matériaux locaux, Chercheur au CNERIB, festival archi terre, Alger, 2014.
- **Hugo HOUBEN**, La terre, un béton d'argile : comment ça marche, 2ème Édition du festival Culturel International de Promotion des Architectures de Terre, EPAU 2013
- **Yasmina Terki** , Le patrimoine algérien bâti en terre : constat d'état, 4ème Édition du festival Culturel International de Promotion des Architectures de Terre , EPAU 2015

5 . **Cours des enseignants universitaires :**

- **BOULADOUM Amina**, module Restauration et Réhabilitation architecturale, enseignante à l'université d'Oum El Bouaghi, 2015, Cours N1.
- **Dali Rachida**, pathologies des bâtiments, enseignante à l'université de Biskra
- **DJABER Khadîdja**, De la restauration à la conservation : De la théorie restaurative à l'éthique conservatrice, enseignante à l'université de Jijel, Master I, architecture et patrimoine, 2016/2017
- **DJABER Khadîdja**, Les pathologies dans le bâti ancien, enseignante à l'université de Jijel, Master I, architecture et patrimoine, 2016/2017
- **Mr. Dali Omar**, intervention sur le patrimoine architectural et urbain au Sahara enseignant à l'université de Biskra

6 . **Fichier PDF :**

- **Craterre**, Ornano, Le bloc de terre comprimée : éléments de base, Craterre-EAG/BASSIN, Allemagne, 1991.
- **Rigassi**, Blocs de terre comprimée : Volume I Manuel de production, Craterre-EAG/GATE, Allemagne, 1995
- **UNESCO**, programme du patrimoine mondial pour l'architecture de terre, 2012, PDF
- **ZEROUALA Mohammed Salah**, « L'enseignement de l'architecture en Algérie », in Construire n°37, Alger, 1990, pdf

7 . **Dictionnaire :**

- <http://www.larousse.fr>
- Le dictionnaire de l'urbanisme, 2011
- Le petit Larousse 2010

8 . **Site web :**

- <http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000025713603&dateTexte=&oldAction=rechJO&categorieLien=id>
- <http://www.universalis.fr/encyclopedie/architecture-materiaux-et-techniques-terre/>.
- http://www.terraterre.net/terraterre_terrecrue.htm
- <http://www.climamur.fr/techniques-disolation/brique-en-terre-crue/>
- <http://terrepaille.fr/avantages>
- <http://www.leconomiste.com/article/materiaux-de-construction-traditionnels-un-bilan-des-recherches-et-des-experiences>
- <http://www.qualirenoeco.com/Guide/tkTerreCrue.html>
- <http://www.sitiosolar.com/fr/la-construction-en-terre-crue-la-brique-dadobe-et-le-pise/>
- Patrimoine culturel et développement local- édition Cra terre-ENSAG/ convention France- UNESCO

Résumé

Au fil du temps le monde n'a cessé de changer et avec tout ce développement qu'il a connu, plusieurs concepts et coutumes ont changé au point que certains sont menacés d'extinction. L'architecture de la terre est considérée comme l'un des plus importants éléments culturels qui risquent de disparaître.

En ces derniers temps, on marque un retour à l'utilisation de cette matière, ce nouvel intérêt pour l'architecture de terre nous a permis de découvrir des techniques de construction plus variées et sophistiquées que le supposait la simplicité de la matière utilisée. Dans ce sens et par ce modeste travail nous voulons changer cette vision inférieure à « la terre » comme matériau de construction, et que les constructions en terre ne reflètent plus « instabilité et pauvreté », ni un certain niveau social, ainsi avec cette matière nous pouvons atteindre un confort optimal vu que l'architecture la terre s'est révélée écologique et durable.

Notre objectif est de remettre l'importance perdue à l'architecture de la terre, et de reconsidérer la terre comme étant un matériau de construction écologique tout en incitant à son utilisation. La terre est un matériau à redécouvrir.

Mots clés : La terre, revalorisation, Patrimoine, Argile, Techniques de construction.

المخلص

مع التطور الذي عرفه العالم في الفترة الأخيرة. تغيرت العديد من المفاهيم والعادات حتى ان بعضها أصبح مهدد بالاندثار، وتعتبر العمارة الترابية أحد اهم المقومات الثقافية التي وإلى وقت قريب اوشكت على الاختفاء، لكن ولحسن الحظ سجلت هذه المادة عودتها إلى الساحة مؤخرًا

إن الاهتمام الجديد بالعمارة الطينية مكثنا من اكتشاف مجموعة من التقنيات أكثر تنوعًا وتطورًا مما تفترضه بساطة المادة، وفي هذا السياق جاء هذا العمل المتواضع لتغيير النظرة الدونية لهذه المادة وبأن بيوت الطين لم تعد تدل على المستوى الاجتماعي المتدني، وكذا عدم الاستقرار والفقر، بل أصبحت هذه المادة وسيلة لتحقيق الراحة المثلى حيث أن العمارة الترابية أثبتت أنها صديقة للبيئة وغير مضرّة بالإنسان ومستدامة،

الهدف الأسمى من هذا البحث هو إعادة الاعتبار للهندسة الترابية وللتربة كمادة بناء إيكولوجية والدعوة إلى إعادة استعمالها في المنشآت الحديثة

كلمات مفتاحية: التربة، إعادة الاعتبار، التراث، الطين الخام، تقنيات البناء

Abstract

By time, the world keeps constantly changing and with all this development, many concepts and customs have changed to the point that some of them are threatened with extinction. The earth construction is one of the most important cultural elements that may disappear.

Recently, we notice a return to the use of this material, this new interest in earth construction has allowed us to discover many construction techniques, more varied and sophisticated than it supposes the simplicity of this material. In this sense and by this modest work we want to change this lower vision to "the earth" as a building material?, and that earth buildings no longer reflect instability and poverty, nor a low socio-economic level, as well as by that matter we can reach an optimal comfort considering that the architecture of the earth has proved ecological and Durable.

Our main objective is to prove the importance of the earth construction and earth as an ecological material, while encouraging its use. Earth is a material to be rediscovered.

Keywords : Earth, revalorization, Héritage, Construction techniques.