



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE ABDELHAMID IBN BADIS MOSTAGANEM
FACULTE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL & ARCHITECTURE

N° D'ORDRE : M..... /2014

MEMOIRE DE MAGISTER

SPECIALITE: ARCHITECTURE

OPTION: HABITAT, PATRIMOINE ET MATERIAUX INNOVANTS

Thème.

**Architecture de terre en Algérie :
Un patrimoine à conserver et à développer.**

Présenté Par.

ABBOU Dahbia

Jury composé de :

Président:	M ^f BENDANI Karim	Professeur	UMAB Mostaganem
Rapporteur:	M ^f BOUHAMOU Nasr-Eddine	M.C.A	UMAB Mostaganem
Examineur:	M ^f MEBROUKI Abdelkader	M.C.A	UMAB Mostaganem
Invité(e) :	M ^{me} IDIR KADDOUR Lydia	M.A.B	UMM Tizi Ouzou

Année Universitaire 2013/2014

A la mémoire de:

Mon cher grand père.

Mon oncle Belkacem.

Remerciements.

Je tiens tout d'abord à remercier Allah le tout puissant et miséricordieux, qui m'a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

J'adresse mes remerciements à mon directeur de mémoire Mr Bouhamou à la fois présent et disponible, il a encouragé mes initiatives en me donnant une grande liberté d'actions.

Mes vifs remerciements vont également aux membres du jury Mr Bendani et Mr Mebrouki pour l'intérêt qu'ils ont porté à ma recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions, sans oublier Mme Idir-Kaddour qui a accepté mon invitation.

Je remercie aussi mes enseignants de la première année théorique je souligne que leurs efforts m'ont été bénéfiques pour accomplir ce travail.

Ce mémoire n'aurait pas été possible sans l'intervention, consciente, d'un grand nombre de personnes :

Ma mère pour m'avoir encouragé et permis d'aimer les études et de vouloir toujours plus dans la vie. Sans elle, je n'en serais pas là.

Mon père, qui a cru en moi, même s'il ne croit plus au système universitaire, qui m'a soutenu moralement, physiquement et financièrement durant cette période en m'accompagnant lors de mes sorties sur le terrain.

Dr Aiche, Maitre de conférences à l'université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, pour m'avoir soufflé la première idée de mon travail, ainsi que pour sa présence tous le long de ma recherche.

Mr Kebaili, Maitre Assistant à l'université de Blida qui s'est intéressé à mon travail, Mme Necissa Maitre Assistant à la même université ainsi que Mme Ait Hammouda, Maitre assistant à l'université d'Adrar, pour leurs précieux conseils.

Mes amis, Lydia que la passion pour la terre nous a réuni, pour ses conseils et pour son écoute. Salah et Tinehinane, architectes, pour m'avoir accompagné lors de mes sorties aux villages kabyles. Madjid pour son soutien et sa disponibilité. Je ne pourrais oublier Ikouréne Hamid et sa femme pour leur prise en charge pendant mon stage au CNERIB.

Le personnel des différentes administrations auquel j'ai eu affaire, le CNERIB pour les documents mis à ma disposition, ainsi que pour leurs conseils et aides tout au long de mon travail. La direction de la culture de Tizi Ouzou, pour l'accueil et l'orientation sans oublier le CTH d'Oran et le laboratoire L3G.

Je termine par remercier mes frères Billal et Imad et ma chère sœur Malak d'être toujours là dans les moments les plus durs.

Dahbia.

ARCHITECTURE DE TERRE EN ALGERIE : UN PATRIMOINE A CONSERVER ET A DEVELOPPER.

Par ABBOU Dahbia

Résumé :

Les techniques constructives, les procédés pour assurer confort et protection de l'habitant et l'aspect économique font du patrimoine architectural en terre, une richesse incomparable. Sa conservation et sa valorisation en Algérie représente plusieurs avantages sur le plan social, économique, culturel et surtout environnemental. Plusieurs pays étrangers ont mené des actions afin de profiter de ces multiples avantages offerts par la conservation et la valorisation de ce patrimoine. Au niveau national, les opérations menées n'ont pas encore abouti à des résultats fiables. Le patrimoine architectural en terre reste approprié aux constructions traditionnelles en terre crue qui souffrent d'une mauvaise image, et qui sont gravement menacées par l'effondrement.

L'objectif de cette recherche est de faire une comparaison entre les auto-constructions en terre et les constructions planifiées par l'état, et analyser comment ces deux types de constructions faites dans des circonstances différentes ont pu réagir dans le temps, et comment les habitants de ces constructions les perçoivent.

Pour ce faire nous avons choisi deux cas d'étude :

- Des habitations auto-construites dans les massifs montagneux de la Kabylie (le village de Mâatkas) qui est un ensemble de réalisations à l'aide de matériaux locaux, telle que la terre crue utilisée avec la technique du pisé.
- Des habitations planifiées au village agricole de Mostafa Ben Brahim (Sidi Bel Abbas) qui sont fruit d'une opération pilote de construction en terre pour améliorer l'image de ce type d'architecture en Algérie.

Pour la réalisation de cette recherche, nous avons procédé à la technique d'enquête par entretien, auprès des habitants, pour nous permettre de rassembler les éléments indispensables à l'évaluation de cette architecture traditionnelle. L'observation est aussi une opération nécessaire pour relever de façon systématique les désordres pathologiques à l'intérieur de ces habitations. Pour comprendre la façon dont on peut utiliser ce matériau, des relevés métriques et d'architecture seront faits. Enfin, des analyses faites sur le matériau terre provenant des régions étudiées, nous faciliteront l'approche de ses qualités et de ses insuffisances.

EARTHEN ARCHITECTURAL IN ALGERIA: A HERITAGE TO CONSERVE AND TO DEVELOP.

By Abbou Dahbia

Abstract :

Their constructive techniques and processes to assure comfort and protection, and their economical aspect make of the earthen architectural heritage an incomparable richness. Its conservation and valorization in Algeria represent several advantages socially, economically, culturally and especially environmentally. Many other countries have taken initiatives to take advantage of its multiple benefits offered by the conservation and valorization of this heritage. At the national level, the operations done have not resulted in reliable results yet. The earthen architectural heritage continues to be appropriate to the traditional earthen constructions that suffer from a bad image and that are severely threatened by collapse.

The objective of this research is to make a comparison between the self-earth construction and the state-planned constructions, and analyze how these two types of constructions made in different circumstances have reacted in time, and how inhabitants of these buildings perceive them.

To do this research, we chose two case studies:

- Self-constructed houses in the mountains of Kabylia (Mâatkas village) which is a group of constructions using local materials as mud used with the rammed earth technique.
- State-planned constructions in the agricultural village of Mostafa Ben Brahim (Sidi Bel Abbas) which is a pilot project of earthen building to improve the image of this type of architecture in Algeria.

For the realization of this research, we conducted the survey technique by interview, with local inhabitants, to allow us to collect essential elements for the evaluation of this traditional architecture.

Observation is also a necessary operation to systematically see the disease inside these houses. To understand how we can use this material, metrics and architectural plans will be made. Finally, analyzes on the earth material from the regions studied, facilitate to us the approach of its qualities and insufficiencies.

المعمار الترابي في الجزائر.

تراث للمحافظة و التطوير

أعدته عبو ذهبية

ملخص :

التقنيات البنائية والشكلية من أجل توفير الراحة و الحماية للسكان ، و الجانب الاقتصادي جعلوا من التراث الترابي ثروة لا مثيل لها. لمحافظة على هذا التراث و ردّ الإعتبار له ينجم عنه عدّة فوائد على ماية المحيط والبيئة.

اتخذت عدّة دول أجنبية مبادرات للإستفادة من هذه الفوائد المتعدّدة لحفظ هذا التراث. المستوى الوطني، لم تسفر المبادرات على النتائج المتوقعة والمعول عليها. فلأسف يبقى التراث المعماري الترابي مثالا لكلّ ما هو تقليدي و قديم ، فهو يعاني التهميش وقلّة الإهتمام ، بالإضافة إلى أنّه مهدّد بشدّة من الإنهيار والزوال. الهدف من هذا البحث هو إجراء مقارنة بين المباني الذاتية والمباني المخطط لها من قبل الدولة ، وتحليل كيفية سلوك هذين النوعين من المنشآت -المبنية في ظروف مختلفة- تحليل نظرة السكان لهاته المنشآت.

و من أجل هذا الغرض ، اخترنا حالتين من أجل هذه الدراسة :

- منازل مبنية ذاتيا في جبال منطقة القبائل المنازل (قرية معاتقة) ، و هي مبنية باستخدام المواد المحلية مثل التراب المستعمل بتقنية التراب المدكوك.
- المساكن المخطط لها بالقرية الزراعية مصطفى بن إبراهيم (سيدي بلعباس) ، وهو مشروع رائد للبناء بالتراب بهدف تحسين صورة هذا النوع من الهندسة المعمارية في الجزائر .

لتحقيق هذا البحث ، أجرينا مقابلات مع السكان المحليين لجمع المعلومات اللازمة لتقييم العمارة التقليدية. الملاحظة هي أيضا وسيلة ضرورية من أجل جمع الإضطرابات المصابة بها هذه المنازل بطريقة منهجية. ولفهم كيف يمكننا استخدام التراب كمادة للبناء ، قمنا بتحقيق مخططات مطابقة للمنازل . و أخيرا قمنا بتحليل للتراب -من الأماكن التي تمت دراستها -لنتسهل لنا معرفة خصائصه و نواقصه.

SOMMAIRE

	pages
<i>Dédicaces</i>	
<i>Remerciements</i>	
<i>Résumés</i>	
<i>Sommaire</i>	
<i>Liste des tableaux</i>	
<i>Liste des figures</i>	
<i>Liste des abréviations</i>	
Introduction générale	01
Première partie : Bibliographie	
Chapitre I. Identification du patrimoine architectural en terre.	06
I.1. Les définitions des concepts à étudier.	07
I.1.1. La terre.	07
I.1.2. La terre crue.	07
I.1.3. Architecture de terre.	08
I.1.4. Construction en terre.	09
I.1.5. Habitat traditionnel.	09
I.1.6. Habitat traditionnel kabyle.	09
I.2. Le patrimoine et le patrimoine architectural en terre.	10
I.2.1. Différentes définitions du patrimoine.	10
I.2.2. Le patrimoine naturel et culturel.	11
I.2.3. Les valeurs du patrimoine.	14
I.2.4. Classification des valeurs du patrimoine selon Riegl.	14
I.2.5. Classification des valeurs du patrimoine selon Mason.	16
I.3. L'architecture de terre.	17
I.3.1. Aperçu historique sur l'architecture de terre.	17
I.3.2. Témoignage de l'histoire de la durabilité des constructions en terre.	19
I.3.3. Avantages et inconvénients de l'architecture en terre.	21
I.3.4. Législation concernant l'architecture en terre.	22
I.4. Le patrimoine architectural en terre.	24
I.4.1. Pourquoi cette architecture est un patrimoine.	24
I.4.2. Patrimoine architectural en terre : entre valeurs nationales et universelles.	25
I.4.3. Valeurs du patrimoine architectural en terre selon la grille de Mason.	26
I.4.4. Patrimoine architecturale en terre en Algérie.	28
I.5. Conclusion.	31

Chapitre II. Conservation et valorisation du patrimoine architectural en terre	33
II.1. A l'étranger	34
II.1.1. Formations et recherches faites sur le thème	34
II.1.2. Programme pour la protection et la valorisation de l'architecture en terre	37
II.1.3. Projets de valorisation de l'architecture de terre	39
II.1.4. Sensibilisation pour l'architecture de terre : festivals, concours et expositions	42
II.2. En Algérie	44
II.2.1. Formations et recherches faites sur le thème	44
II.2.2. Projets de valorisation de l'architecture de terre	46
II.2.3. Tentatives de restauration et de réhabilitation des édifices en terre	50
II.2.4. Réhabilitation de l'image de l'architecture de terre: Festivals, concours et expositions	50
II.3. Conclusion.	53
Problématiques et Axes de recherche	54
Problématiques	55
Hypothèses	56
Objectifs	57
Méthodologie de la recherche	57

Deuxième partie : Technique et pratique

Chapitre III. Présentation du matériau terre et de la technique du pisé	60
III.1. La construction en terre	62
III.1.1. Le matériau : Avantages et inconvénients	62
III.1.2. Les procédés techniques	64
III.1.3. Les pathologies constructives	68
III.1.4. Autres ennemis des constructions en terre	73
III.1.5. Les principes de bonne conception architecturale	74
III.1.6. La stabilisation du matériau	75
III.2. Le pisé	77
III.2.1. Présentation de la technique	78
III.2.2. Pisé traditionnel et moderne	81
III.2.3. Stabilisation et inconvénients	84
III.2.4. Renforcement du pisé	84
III.3. Conclusion.	86

Chapitre IV : Présentation et analyse du premier cas d'étude : Village Mostefa Ben Brahim.	88
IV.1. Présentation de la région.	89
IV.1. 1. Données géographiques.	89
IV.1. 2. Données climatiques.	90
IV.1. 3. Données urbaines.	90
IV.2. Présentation du projet.	90
IV.2.1. Description architecturale des maisons.	91
IV.2.2. Description du matériau.	93
IV.2.3. Description des gros œuvres.	94
IV.2.4. Objectifs du projet.	94
IV.2.5. Les aspects positifs du projet.	94
IV. 3. Méthodologie de la recherche.	95
IV.3.1. Structuration de l'enquête.	95
IV.3.2. Conception du questionnaire.	96
IV.3.3. Collecte des données.	97
IV.3.4. Traitement des données.	99
IV.4. Etat actuel des lieux.	104
IV.4.1. Observation des pathologies.	104
IV.4.2. Modifications apportées.	105
IV.5. Conclusion.	108
Chapitre V : Présentation et analyse du deuxième cas d'étude : Mâatkas.	110
V.1. Présentation de la région	111
V.1.1. Données géographiques.	111
V.1.2. Données climatiques.	112
V.1.3. Données urbaines.	113
V.2. L'architecture de terre dans la région de Mâatkas.	114
V.3. Description de la maison kabyle.	116
V.3.1. Composition de la maison kabyle.	117
V.3.2. Technique de construction de la maison kabyle.	120
V.4. Méthodologie de travail.	121
V.4.1. Structuration de l'enquête.	121
V.4.2. Conception du questionnaire.	121
V.4.3. Collecte des données.	122
V.4.4. Traitement des données.	123
V.4.5. Connaissance des usagers du matériau.	128
V.5. Conclusion.	128

Chapitre V : Caractérisation du matériau	129
VI.1. Matériels et méthodes.	130
VI.1.1. Analyses préliminaires de terrain: visuelles ou manuelles.	130
VI.1.2. Propriétés chimiques.	132
VI.1.3. Propriétés physiques.	135
VI.1.4. Analyse de corps d'épreuves.	139
VI.2. Résultats et interprétations.	143
VI.2.1. Observations in situ	143
VI.2.2. Analyses chimiques.	143
VI.2.3. Caractéristiques physiques.	144
VI.2.4. Corps d'épreuve.	147
VI.3. Conclusions.	149
Conclusion générale	150
Références bibliographiques	154
Annexes	161

LISTE DES TABLEAUX

Première partie : Bibliographie

Chapitre I. Identification du patrimoine architectural en terre

I.01	Définitions du patrimoine selon les différentes sciences.....	11
I.02	Types du patrimoine naturel et culturel.....	13
I.03	Les valeurs du patrimoine selon différents auteurs.....	14

Chapitre II. Conservation et valorisation du patrimoine architectural en terre

II.01	Les opérations de construction en terre en Algérie.....	45
-------	---	----

Deuxième partie : Technique et pratique

Chapitre III. Présentation du matériau terre et de la technique du pisé

III.01	Classification des fractions de grains.....	60
III.02	Les types d'humidité les plus courants	67

Chapitre IV : Présentation du premier cas d'étude (Mostefa Ben Brahim)

IV.01	Descriptif du gros œuvre des maisons en pisé	90
IV.02	Récapitulation des questions posées et objectifs.....	94
IV.03	Récapitulation des caractéristiques personnelles des usagers interrogés.	95

Chapitre V: Présentation et analyse du deuxième cas d'études (Village Mâatkas)

V.01	Récapitulation des caractéristiques personnelles des usagers interrogés.	124
------	--	-----

Chapitre VI: Caractérisation du matériau

VI.01	Analyse granulométrique et nature des particules	145
VI.02	Lecture du densimètre, dans l'essai sédimentométrique	146
VI.03	Résultats de l'essai d'équivalent de sable.	146
VI.04	Détermination de la limite de liquidité	147
VI.05	Détermination de la limite de plasticité	147
VI.06	Classes d'appréciation de la plasticité du sol d'après Atterberg	147
VI.07	Corps d'épreuves et leurs compositions	148

LISTE DES FIGURES

Première partie : Bibliographie

Introduction générale

01	Structure du mémoire.....	04
----	---------------------------	----

Chapitre I. Identification du patrimoine architectural en terre

I.01	Architecture de terre dans le monde	08
I.02	Village kabyle: Taboudoucht (Région d'Azzefoun)	09
I.03	Histogramme de quelques repères chronologiques de la construction en terre.....	17
I.04	Tchoga Zambil en Iran	18
I.05	Shibam au Yémen	18
I.06	Pyramide Djoser à Saqqarah, Egypte	18
I.07	Un bâtiment de 6 étages en pisé construit en 1820 en Allemagne.....	19
I.08	Temple d'Horyu-ji au Japon	20
I.09	Portions de la grande muraille construites en terre.....	20
I.10	Ksar en ruine à Biskra	22
I.11	Maison abandonnée à Ait Hmad – Mâatkas.....	22
I.12	Décoration d'un mur en terre à ThalaHammou – Mâatkas.....	27
I.13	Vue sur la Casbah d'Alger	28
I.14	Vue sur le ksar de Ghardaïa	29
I.15	Ksar Boussemgoun - El Bayadh	30
I.16	Ksar Chetma- Biskra.....	30
I.17	Ksar Temacine – Ouargla.....	30
I.18	Ksar Tamentit – Adrar	30
I.19	Ksour non classés en Algérie, Adrar et Biskra	31
I.20	Maison en terre à Ait Itchir en Kabylie	31

Chapitre II. Conservation et valorisation du patrimoine architectural en terre

II.01	Localisation des institutions partenaires de la Chaire UNESCO Architecture de terre, cultures constructives et développement durable et son réseau UNITWIN	35
II.02	Des maisons mitoyennes en blocs de terre vibro compactée et stabilisée	38
II.03	Dessins pour le projet Marrakech habitat en terre réalisé par des architectes formés à l'occasion du projet	41
II.04	Village Madher	46
II.05	Plan initial du village de Madher	46

II.06	Plan de masse d'un ilot du village de Madher	47
II.07	L'intérieur d'une cuisine	48
II.08	Plan type d'une habitation à Madher	48
II.09	Exposition « de terre et d'argile ».....	49
II.10	Archi'Terre 2014.....	50
II.11	Façade de l'hôtel "oasis rouge" à Timimoun	51

Deuxième partie : Technique et pratique

Chapitre III. Présentation du matériau terre et de la technique du pisé

III.01	Texture de la terre	59
III.02	Différents types de terre	60
III.03	Les procédés de production de la terre crue	62
III.04	Mur en pisé à Beni Yenni.....	63
III.05	Mur en thoub (région de Boughzoul)	64
III.06	Un bloc en BTC	64
III.07	Mosquée de Jennah au Mali	65
III.08	Humidité par remontées capillaires, Mâatkas	66
III.09	Drainage périphérique extérieur, Mâatkas	68
III.10	La pathologie humide ou système de la goutte d'eau	68
III.11	Fissures au niveau des angles et des baies à Ait Itchir	69
III.12	Flambement d'un mur à Tamarna Lakdima	69
III.13	Effondrement d'un mur à Ait Hmed, Mâatkas	70
III.14	Schéma de bonne conception architecturale d'un bâtiment en terre.....	73
III.15	Bâtiment en pisé stabilisé au ciment	74
III.16	Mur en pisé à Thala Hammou - Mâatkas	76
III.17	Mise en place du pisé	76
III.18	Les différents horizons d'un profil de sol	77
III.19	Le module de base pour le pisé	78
III.20	Les possibilités de percement pour un ouvrage en pisé	78
III.21	Maison de Martin Rauch	79
III.23	Les dames pneumatiques en métal. A droite, la dame est modifiée en ajoutant une plaque carrée en bois	80
III.24	Coffrage métallique du pisé moderne sur un chantier en France.....	80
III.25	Préfabrication du pisé dans une usine, en Autriche	81
III.26	Transport et mise en œuvre des éléments préfabriqués	81
III.27	Renforcement parasismique des murs en terre, proposé dans la norme de Nouvelle-Zélande	82
III.28	Renforcement par des tirants verticaux, proposé par Minke	84

Chapitre IV : Présentation du premier cas d'étude (Mostefa Ben Brahim)

IV.01	Situation de la commune de Mostefa Ben Brahim dans la ville de Sidi Bel Abbes.	86
IV.02	Plan de masse des maisons en pisé de Mostafa Ben Brahim.....	87
IV.03	Plans types d'une construction en pisé au village Mostefa Ben Brahim.	89
IV.04	Façades types d'une construction en pisé au village Mostefa Ben Brahim.....	89
IV.05	Courbe granulométrique du matériau utilisé.....	90
IV.06	Etat actuel des maisons en pisé à Mostefa Ben Brahim.....	95
IV.07	Traitement des données par « Excel ».....	96
IV.08	Attachement des habitants à leurs maisons.....	97
IV.09	Appréciations globales des habitants à leurs maisons.....	98
IV.10	Facteurs provoquant la satisfaction chez les habitants.....	99
IV.11	Facteurs provoquant l'insatisfaction chez les habitants.....	99
IV.12	Les attentes des usagers.....	100
IV.13	Les craintes des usagers.....	101
IV.14	Fissures au niveau des angles.....	101
IV.15	Fissures en continuité des échafaudages.....	101
IV.16	Humidité sur la toiture.....	102
IV.17	Décollement des enduits.....	102
IV.18	Détail constructif de la toiture.....	102
IV.19	Modifications apportés aux toitures.....	103
IV.20	Construction d'une charpente en bois.....	103
IV.21	Effondrement d'un faux plafond.....	103
IV.22	Création d'une fenêtre sur la façade nord-ouest.....	104
IV.23	Relevé des Modifications apportées aux habitations [Auteur].	104

Chapitre V : Présentation du deuxième cas d'étude (Région de Mâatkas)

V.01	Situation de la daïra Mâatkas dans la ville de Tizi-Ouzou.....	107
V.02	Village de Thala Hamou sous la neige.....	108
V.03	Village d'Ait Zaim.....	108
V.04	Maison en terre à Mâatkas.....	109
V.05	Maison en terre a Beni Yenni.....	109
V.06	Les sites visités dans la région de Mâatkas.....	110

Chapitre VI: Caractérisation du matériau

VI.01	Essai de lavage	132
VI.02	Essai de l'éclat	132
VI.03	Essai de l'éclat	132
VI.04	Essai d'adhérence	133
VI.05	Essai d'adhérence	133
VI.06	Essai de teneur en carbonates	134
VI.07	Essai de teneur en chlorures	135
VI.08	Essai de teneur en sulfates	136
VI.09	Lavage du matériau sur tamis	137
VI.10	Tamisage du matériau	137
VI.11	Etapes de l'essai sédimentométrique	138
VI.12	Etapes de l'essai de l'équivalent de sable	139
VI.13	Etapes de l'essai des limites selon Atterberg	139
VI.14	Le matériau après tamisage	141
VI.15	L'addition de l'eau de gâchage	141
VI.16	Compactage et genèse des corps d'épreuves	142
VI.17	Essai d'écrasement sur corps d'épreuves posés à plat	142
VI.18	Schéma de l'essai d'absorption par capillarité	143
VI.19	Essai d'absorption par capillarité sur bloc pisé à 10 min et 24h	143
VI.20	Courbe granulométrique du matériau analysé	145
VI.21	Pourcentages des particules selon l'analyse granulométrique	146
VI.22	Impact de la dose de gravier sur la résistance à la compression	148
VI.23	Impact de la teneur en gravier sur le coefficient d'absorption	149

ABREVIATIONS

BTC	: Blocs de Terre Comprimée.
BTS	: Béton de Terre Stabilisé.
CAP Terre	: Centre Algérien du Patrimoine culturel bâti en terre.
CNERIB	: Centre National d'Etudes et de Recherches Intégrées du Bâtiment.
CRA Terre	: Centre International de la Construction en terre.
EAG	: Ecole d'Architecture de Grenoble.
ENSAG	: École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble.
EPAU	: Ecole Polytechnique d'Architecture et d'Urbanisme.
GCI	: Getty Conservation Institute.
GEH	: Groupe d'Etude de l'Habitat.
ICCROM	: Centre International d'Etudes sur la Conservation et la Restauration des Biens Culturels.
INERBA	: Institut National d'Etude et de Recherche en Bâtiment.
INFP	: Institut National de la Formation Professionnelle.
Ip	: Indice de Plasticité.
JORA	: Journal Officiel de la République Algérienne.
LI	: Limite de Liquidité.
Lp	: Limite de Plasticité.
ONU	: Organisation des Etats Unis.
TOL	: Taux d'Occupation par Logement.
UNESCO	: Organisation des Nations Unies pour l'Education, la Science et la Culture.
UNITWIN	: University Twinning and Networking.

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale.

À partir de la seconde moitié du vingtième siècle, une course vers la modernisation est apparue dans le monde, ce qui a poussé à la standardisation de la production architecturale mondiale, et par conséquent a induit une dévalorisation universelle des architectures traditionnelles en général, et des architectures de terre en particulier, c'est-à-dire celles qui utilisent la terre crue comme matériau de construction. De nombreux facteurs ont poussé à la diminution de l'utilisation de ce matériau, à leur tête, l'industrialisation des matériaux de construction, et leur utilisation.

Aujourd'hui, le monde se trouve face à d'énormes problèmes environnementaux, économiques et sociaux qui se manifestent dans le domaine du bâtiment par l'utilisation des matériaux néfastes à l'environnement dans la phase de fabrication, d'utilisation ou de démolition. En Algérie, en plus de l'impact environnemental des matériaux industriels, nous constatons aussi une perte de l'identité et de l'harmonie qu'entretenait autrefois le cadre bâti avec son environnement.

Dans ce contexte, l'architecture de terre recèle plusieurs avantages, sur différents plans ; tant social, économique, environnemental que culturel. La disponibilité du matériau et son faible coût lui promettent un large usage, c'est pour cette raison qu'à dater des années 1980, un regain d'intérêt mondial pour ces architectures impulsé à partir de l'Afrique par l'architecte égyptien Hassan Fathy, et se manifeste sur tous les continents. Mais pour le cas de l'Algérie, et malgré les difficultés enregistrées dans tous les domaines, l'architecture de terre ne réjouit d'aucun intérêt et continue à être écartée au grès des matériaux conventionnels.

Cette architecture est accusée à tort d'être incapable de s'adapter aux exigences modernes de confort, de sécurité et de durabilité. Ces idées pourtant totalement fausses sont profondément ancrées tant dans l'esprit des populations que dans celui de la majorité des acteurs de la construction. Et c'est pour cela qu'on néglige le patrimoine architectural en terre, et on considère sa conservation, ou même sa valorisation comme une perte de temps et de moyens.

Cependant, ce matériau constituant une grande partie du patrimoine bâti en terre crue en Algérie, est entrain de disparaître peu à peu de notre environnement, et ses atouts techniques et formels restent méconnus. Au fil des décennies, on s'est ingénié à masquer ce matériau considéré comme le matériau du pauvre, il est aujourd'hui menacé par les destructions et une banalisation architecturale qui nie l'héritage de l'histoire locale par des pratiques inappropriées d'entretien, de restauration ou de réhabilitation.

Paradoxalement, l'aspect humain des études sur l'habitat traditionnel ne devrait pas se limiter aux techniques et aux matériaux de construction seulement, mais aussi et surtout à l'intervention de l'esprit humain.

Dans notre travail, nous essayons d'étudier des auto-constructions en terre et des constructions planifiées par l'état, et analyser comment ces deux types de constructions faites dans des circonstances différentes ont pu réagir dans le temps, et comment les habitants de ces

constructions les perçoivent. Nous essayons aussi d'étudier les propriétés intrinsèques du matériau : durabilité, résistance etc.

Structure du mémoire.

Le mémoire est organisé en cinq chapitres, divisé en deux parties, la première intitulée « Repères bibliographiques » est composé de deux chapitres :

Le premier, concernant l'état de l'art, contiendra l'identification de l'architecture de terre, les définitions des concepts à étudier, un aperçu historique de l'architecture de terre ainsi que des témoignages de l'histoire, la législation algérienne, et ce qui fait de cette architecture une partie importante du patrimoine mondial et national.

Le deuxième chapitre présente la situation actuelle de l'architecture de terre dans le monde et en Algérie, les efforts menés dans les quatre coins du monde pour sa revalorisation et les institutions internationales et nationales s'occupant de cette architecture.

La deuxième partie, intitulée « Partie technique et pratique » comprend quatre chapitres :

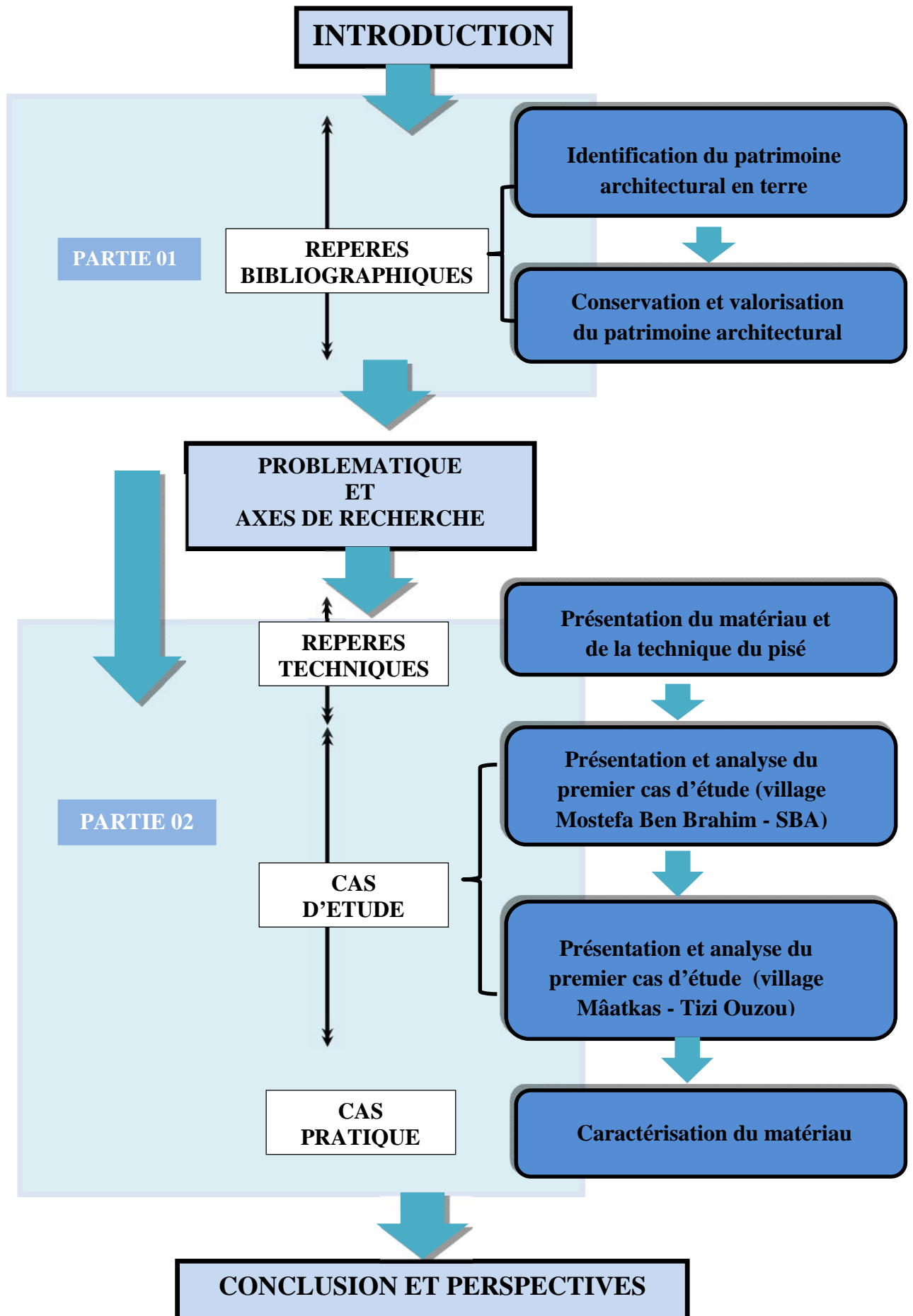
Le chapitre III présente le matériau terre, ses procédés techniques, ses pathologies et sa stabilisation, ainsi qu'une présentation de la technique du pisé et toutes ses caractéristiques.

Le chapitre IV présente le premier site, objet de notre cas d'étude à savoir le village agricole de Mostefa Ben Brahim, concerne les constructions ératiques avec un matériau amélioré ; la méthodologie basée sur l'enquête par entretien et l'observation de l'état de ces constructions est effectuée ; des relevés montrant les modifications apportées à ces architectures sont aussi identifiés.

Le chapitre V présente le deuxième cas d'étude relatif à des auto-constructions dans la région de Mâatkas en Kabylie, le même procédé d'entretien est utilisé.

Des échantillons de la terre de la région sont prélevés et identifiés dans le chapitre VI, des corps d'épreuves sont fabriqués et analysés au laboratoire.

La conclusion, présentant l'analyse des résultats de notre recherche, aboutira à des recommandations pour la bonne gestion du patrimoine architectural en terre, et à définir les futures axes de recherche probables, relatif à ce volet.



PREMIERE PARTIE REPERES BIBLIOGRAPHIQUES

Chapitre I

Identification du patrimoine architectural en terre

Chapitre II

**Conservation et valorisation du patrimoine
architectural en terre**

Chapitre I : Identification du patrimoine architectural en terre.

I.1. Définitions des concepts à étudier.

I.2. Le patrimoine et le patrimoine architectural en terre.

I.3. Architecture de terre.

I.4. Le patrimoine architectural en terre.

I.5. Conclusion.

Dans ce qui va suivre, nous allons définir les concepts utilisés dans ce mémoire et cerner la notion de patrimoine à travers différentes définitions, et situer les valeurs du patrimoine bâti à travers l'évolution des classifications. Nous verrons d'abord, que ce qui constitue un patrimoine en général résulte d'un consensus qui attribue des valeurs à un objet, un site, un monument ou des productions artistiques, ce qui permet de distinguer des catégories de patrimoine. Sa reconnaissance est garantie par l'Etat à travers une législation qui lui est spécifique.

Nous précisons que nous développons dans ce chapitre l'historique de l'architecture de terre, en montrant différents exemples témoignant de sa mondialité et sa durabilité.

Au delà des définitions, de l'historique et de la législation, il s'agit de situer la problématique de ce qui fait de ce type d'architecture un patrimoine, pour ensuite comment et pourquoi le protéger et le conserver.

I.1. Définitions des concepts à étudier.

- **La terre.**

C'est le composant essentiel du milieu naturel, issu d'une roche mère par des processus très lents de dégradation et par des mécanismes très complexes de migration des particules. Fontaine et Anger [2009] l'on définit comme un mélange unique de plusieurs catégories de grains qui lui confèrent une grande diversité d'aspects, de couleurs, de textures, autant d'atouts pour s'adapter aux multiples techniques de construction. La terre fait donc partie de la grande famille des matériaux granulaires, au même titre que son proche cousin le béton : c'est en effet un béton d'argile !

Houben et Guillaud [1995] confirment les aptitudes de la terre en matière de construction : « Les potentialités constructives du matériau terre sont inestimables. Il n'y a pas de terre qui ne soit pas utile pour construire, hors les espaces désertiques et glacières, comme le confirment l'existence d'un patrimoine architectural mondial aussi divers que remarquable. »

La terre est le seul matériau qui soit aussi universel que le bois. La terre avec ces différents états : creusée, tassée, séchée ou cuite, a constitué la plus large part des matériaux de construction.

- **La terre crue.**

Quand on parle de construction en terre, il faut préciser quel matériau on évoque : Le cru ou le cuit. Dans l'ouvrage « Architecture de terre, ou l'avenir d'une tradition millénaire » [Dethier, 1986] qui a présenté la plus grande exposition concernant l'architecture de terre, donne une explication pour distinguer les deux matériaux: « ... Il faut savoir que ce sont là deux matériaux différents, non pas par leur origine mais par leur composition, leur nature et leur processus de transformation. L'un et l'autre sont prélevés dans l'épaisseur du sol superficiel : Les techniques d'extraction, traditionnelles ou actuelles, sont identiques. La terre destinée à être cuite est essentiellement composée d'argile sableuse, riche en composants

silico-alumineux qui seront transformés par la cuisson. Le feu induit alors une stabilisation irréversible du matériau. La « terre crue » par contre, est un matériau composite, un mélange naturel d'agrégats, analogue à un « béton maigre » ordinaire, hors les éléments fins actifs. Dans des proportions très variables, les graviers, les sables, les limons et les argiles constituent cette « terre crue » apte à être utilisée pour la construction. »

Il faut noter que la terre crue est utilisée depuis onze millénaires et reste aujourd'hui le matériau de construction le plus répandu à travers le monde.

- **Architecture de terre.**

L'architecture de terre constitue une ressource d'une richesse incomparable dans le monde entier, tant du point de vue de ses techniques constructives en relation avec ses procédés assurant le confort en général, et thermique en particulier, que la protection de l'habitant. Sans négliger son aspect économique du fait d'utiliser les ressources naturelles (à savoir, les matériaux et les savoir faire locaux) mais surtout il s'adapte au climat.

L'expression désigne l'ensemble des édifices maçonnés en terre crue, tout en excluant l'architecture en terre cuite (briques, tuiles...). Depuis près de dix mille ans, les hommes bâtissaient des villes entières en terre crue qui demeurent un des principaux matériaux utilisés. C'est ainsi que plus d'un tiers des habitants de notre planète vit dans un habitat en terre, soit plus de deux milliards de personnes dans 150 pays.

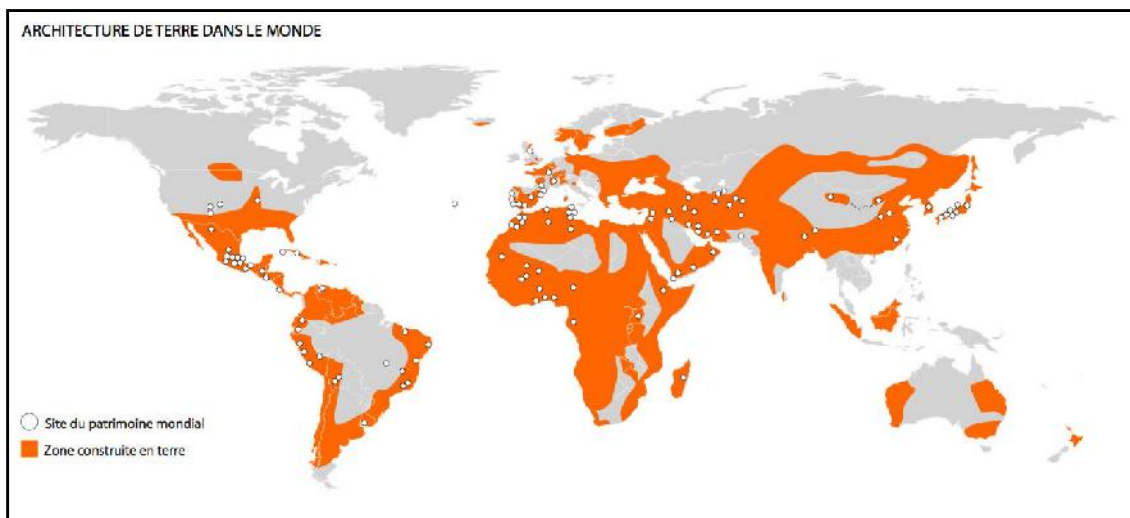


Figure I.01. Architecture de terre dans le monde [Fontaine et Anger, 2009].

Plusieurs travaux, descriptions et études ont été faites au sujet de l'architecture de terre, essayons d'en avoir quelques échos.

Dethier [1986] affirme que l'architecture de terre recouvre une large aire géographique importante dans le monde (Figure 01), l'homme a su, des siècles durant, adapter le matériau 'terre' selon la région climatique géographique et ses conditions socioéconomiques.

Quant à Fathy [1970], il pense que la synthèse de l'esprit et de la matière a produit des ensembles architecturaux d'une grande diversité. Ils sont issus d'un savoir-faire artisanal et de

« l'heureuse alliance de l'imagination du peuple et des exigences du paysage », en s'exprimant à travers toutes sortes de formes et de décorations.

Selon Repiquet [2006], la construction en terre n'est pas réservée aux pays du tiers monde, ni à l'architecture vernaculaire. La modestie du matériau n'a pas empêché son utilisation pour la construction des immeubles urbains. A la fin du XVIIIe siècle, le lyonnais François Cointeraux dessine des édifices publics, immeubles urbains, demeures bourgeoises adaptés au matériau terre. Ses ouvrages traduits dans différentes langues font passer la construction en terre dans le champ de l'architecture savante.

- **Construction en terre.**

La construction en terre désigne les techniques et réalisations des constructions en terre.

Cela sera développé dans le **chapitre III** consacré aux techniques de construction de ce matériau.

- **Habitat traditionnel.**

Bâtiments de style qui représentent la culture d'une élite (société). Elles sont réalisées par les utilisateurs eux-mêmes, conformément à leurs désirs ainsi qu'aux valeurs culturelles du groupe : Elles émanent à la fois de la communauté et de l'individu.

- **Habitat traditionnel kabyle**

L'organisation de base de l'espace en Kabylie est la structure villageoise. L'image renvoyée par ces structures villageoises, au même titre que les traditions orales et les savoir-faire sont des valeurs patrimoniales dignes d'être jalousement conservées.

La principale caractéristique d'un village kabyle comme on arrive à le distinguer dans la Figure 02, est la fermeture sur soi-même ce qui interdit à un étranger d'y pénétrer, Vicente [1959] a témoigné : « les rues décrivent un réseau concentrique aux limites du village, croisées en général par une ou deux voies perpendiculaires, les voies ainsi conçues permettent au voyageur qui n'a pas affaire dans le village, d'emprunter son chemin sans y entrer. »



Figure I.02: Village kabyle: Taboudoucht (Région d'Azzefoun)

Bordieu (1985) a confirmé dans sa description des kabyles en faisant ce portrait oral de leurs villages : « ... A l'entrée de l'agglomération [...] les sentiers se dédoublent afin que l'étranger qui n'y a pas affaire puisse passer son chemin sans entrer. Ainsi, dès l'abord, le village affirme son intimité close et secrète, en même temps que son unité résolue à l'égard du dehors [...] le village est un lieu de guet et de protection d'où le kabyle peut surveiller sans peine ses champs et ses vergers. »

Les maisons qui composent le village kabyle, de part leur ergonomie, minimalisme, sobriété, rusticité et les matériaux locaux ayant servi à leur édification, lui confèrent une unité et une image fabuleuse, caractéristique du territoire et du contexte local.

I.2. Le patrimoine et le patrimoine architectural en terre

I.2.1. Différentes Définitions du patrimoine :

Le dictionnaire Larousse définit le mot « patrimoine » comme : un bien qui vient du père et de la mère. Bien commun d'une collectivité, d'un groupe humain, considéré comme un héritage transmis par les ancêtres.

L'encyclopédie *Wikipedia* explique que « Le patrimoine est étymologiquement défini comme l'ensemble des biens hérités du père (de la famille par extension). En effet, patrimonium signifie héritage du père en latin. Le patrimoine fait, donc, appel à l'idée d'un héritage légué par les générations qui nous ont précédé, et que nous devons transmettre intact aux générations futures, ainsi qu'à la nécessité de constituer le patrimoine de demain».

Plusieurs définitions du patrimoine ont été proposées par des spécialistes dans le domaine, citons quelques-unes.

Saez [2004] l'a défini comme des « témoins et traces du passé (édifices et objets mobiliers présentant un intérêt historique artistique ou ethnographique, vestiges archéologiques, photographies...) ainsi que l'ensemble des rituels, des langues, des traditions orales, des modes de société, des loisirs, des coutumes, des savoir-faire et cultures liés au travail et à toutes activités humaines, ... »

Et donc, le patrimoine d'une collectivité est constitué de biens, matériels ou immatériels, qui sont reconnus, par elle comme faisant référence à son histoire plus ou moins ancienne. Ils constituent un héritage à transmettre aux générations futures. Le patrimoine a donc une dimension sociale, nécessairement collective. Il s'agit d'un bien collectif au sens de l'analyse économique.

Choay [1992] définit le patrimoine comme "L'expression qui désigne un fonds destiné à la jouissance d'une communauté élargie aux dimensions planétaires et constitué par l'accumulation continue d'une diversité d'objets que rassemble leur commune appartenance au passé : œuvres et chefs-d'œuvre des beaux-arts et des arts appliqués, travaux et produits de tous les savoirs et savoir-faire des humains. [...] Il [le patrimoine historique] renvoie à une institution et à une mentalité."

Le patrimoine est donc un tout et l'on ne comprendrait pas la valeur architecturale, artistique ou historique d'un patrimoine sans le contexte et l'environnement dans lesquels ses composantes ont été édifiées.

Mahdid [2012] a résumé le sens attribué au mot patrimoine qui diffère d'un domaine à un autre. Le tableau I.01 donne les diverses définitions selon l'usage :

Tableau I.01 : Définitions du patrimoine selon les différentes sciences [Mahdid 2012].

Catégorie des sciences	Définitions
Les historiens	Le patrimoine est une mise au présent du passé et une mise en histoire du présent [Rousso, 2003].
Les sociologues	Le patrimoine et le lieu social sont les constituants de l'identité [Poulot, 1998].
Les économistes	Le patrimoine est assimilé à un stock susceptible de porter des revenus et est donc de la nature du capital, d'éléments conçus comme ressources économiques [Poulot, 1998].
Les législateurs	L'héritage que l'on tient de son père et que l'on transmet à ses enfants [Encyclopédie Universalis]
Sciences de la terre et de la vie	Le patrimoine est l'héritage d'un environnement physique, géographique et vivant (flore, faune). Ce patrimoine est modifié par les activités humaines (il peut être détruit). Il influe en retour sur les structures des sociétés, les cultures et les comportements collectifs [Encyclopédie Universalis]

I.2.2. Le patrimoine naturel et culturel

Poulot [1998] mentionne que «Le patrimoine relève d'un emploi métaphorique : On parle, en effet, d'un patrimoine non seulement historique, artistique ou archéologique, mais encore ethnologique, biologique ou naturel, non seulement matériel, mais immatériel, non seulement national ou local, régional, mais mondial, universel.»

a. Le patrimoine naturel

Le patrimoine naturel se résume dans les sites ou les zones bien délimitées présentant une valeur esthétique ou une valeur particulière du point de vue de la conservation ou scientifique [Baloul, 2007].

D'après La convention pour la protection du patrimoine mondial, culturel et naturel [1972] : « du point de vue de la science, de la conservation ou de la beauté naturelle, le patrimoine naturel peut avoir une valeur exceptionnelle ».

En Algérie, on pourra citer les parcs naturels du Djurdjura, Tassili et El Kala qui sont classés comme réserves de la biosphère par l'UNESCO en 1987.

b. Le patrimoine culturel :

D'après Necissa [2006], le patrimoine culturel s'intéresse à la réalisation de la culture par l'intermédiaire du milieu bâti urbain et rural ainsi qu'à sa traduction à travers l'architecture, l'esthétisme et les arts. Plus particulièrement, il concerne les œuvres architecturales anciennes et présentes.

Par contre, Picard et Robinson [2005] soulignent que «La notion de patrimoine culturel était à l'origine un concept issu du monde industrialisé et développé et qui avait donc tendance à en refléter les valeurs et les conceptions artistiques, mais elle s'est peu à peu élargie pour englober les vestiges patrimoniaux des pays moins développés où les structures permanentes et monumentales.»

Et la convention de Faro [2005], sur la valeur du patrimoine culturel pour la société, a défini le patrimoine culturel comme étant un ensemble de ressources héritées du passé que des personnes considèrent, par-delà le régime de propriété des biens, comme un reflet et une expression de leurs valeurs, croyances, savoirs et traditions en continuelle évolution. Cela inclut tous les aspects de l'environnement résultant de l'interaction dans le temps entre les personnes et les lieux.

Origet du Cluzeau [2005] distingue deux types de patrimoines :

- **Le patrimoine culturel matériel**

Il se réfère aux sites consacrés à la culture, et aux réalisations manuelles de l'homme (musées, monuments, villes et villages d'art ou de caractère, sites archéologiques et préhistoriques, jardins, édifices religieux, militaires...). Il englobe toutes les réalisations de l'homme incarnées à travers le milieu bâti rural ou urbain, plus particulièrement, il concerne les œuvres architecturales anciennes ou nouvelles. Le patrimoine culturel matériel comprend entre autres: le patrimoine mobilier et le patrimoine immobilier.

- **Le patrimoine culturel immatériel**

Il s'agit dans ce contexte des fêtes et manifestations, des traditions et des savoir-faire.

C'est une notion apparue au début des années 90, en réaction à l'intérêt du patrimoine mondial essentiellement orienté vers les aspects matériels de la culture.

L'UNESCO [2003] a adopté la convention pour la sauvegarde du patrimoine culturel immatériel et a déclaré que «ce patrimoine culturel immatériel transmis de génération en génération, est recréé en permanence par les communautés et groupes en fonction de leur milieu, de leur interaction avec la nature et leur histoire, et leurs procure un sentiment d'identité et de continuité, contribuant à promouvoir le respect de la diversité culturelle et la créativité humaine ». La convention est entrée en vigueur en 2006.

Chacun de ces types de patrimoine comprend des types précis que l'UNESCO appliqué. Le tableau I.02 résume ces différents types du patrimoine naturel et culturel.

Tableau I.02 : Types du patrimoine naturel et culturel [Auteur].

Patrimoine Naturel	<p>La convention mondiale inclut dans le patrimoine naturel :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les monuments naturels constitués par des formations physiques et biologiques ou par des groupes de telles formations qui ont une valeur universelle exceptionnelle du point de vue esthétique ou scientifique. • Les formations géologiques et physiographiques ainsi que les zones strictement délimitées comprenant l'habitat d'espèces animale et végétale menacées, ayant une valeur universelle exceptionnelle. • Les sites naturels ou les zones naturelles strictement délimitées, ayant une valeur universelle exceptionnelle (scientifique, beauté naturelle...) 				
Patrimoine Culturel	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td data-bbox="245 645 320 1451" style="text-align: center; vertical-align: middle;">Patrimoine Culturel Matériel</td> <td data-bbox="320 645 1410 1451"> <p>La convention pour la protection du patrimoine mondial, culturel et naturel de l'UNESCO regroupe dans le patrimoine culturel matériel les groupes de constructions isolées ou réunies, qui en raison de leur organisation, de leur architecture, de leur unité ou de leur intégration dans le paysage ont une valeur culturelle exceptionnelle du point de vue de l'anthropologie, de la géographie, de l'histoire, de l'art, de l'esthétique et de la science de l'ingénierie. Il représente les productions matérielles de l'homme et se compose de différents éléments :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Les paysages</u>: qui sont le résultat d'une action séculaire de l'homme sur son milieu. • <u>Les biens immobiliers</u>: sont aussi bien les bâtiments de différents usages et qui témoignent d'activités spécifiques ou tout simplement d'un style architectural spécifique. • <u>Les biens mobiliers</u>: Dans cette catégorie rentrent aussi bien les œuvres d'art que les ustensiles d'usage domestique ou professionnel. • <u>Les produits</u>: résultent d'une adaptation aux conditions locales et à des traditions de cultures, d'élevage, de transformation et de préparation. [13ème conférence européenne des ministres responsables de l'aménagement du territoire, 2003]. </td> </tr> <tr> <td data-bbox="245 1451 320 1984" style="text-align: center; vertical-align: middle;">Patrimoine Culturel Immatériel</td> <td data-bbox="320 1451 1410 1984"> <p>La convention pour la protection du patrimoine mondial, culturel et naturel UNESCO déclare qu' « On entend par patrimoine culturel immatériel, les pratiques, les représentations, expressions, connaissances et savoir-faire, ainsi que les instruments, objets, artefacts et espace culturel qui leur sont associés... ».</p> <p>Ce patrimoine se compose d'un ensemble de biens immatériels qui sont indissociables du patrimoine matériel, et qui se résume dans</p> <ul style="list-style-type: none"> • les pratiques, les représentations, les expressions, les connaissances et savoir-faire que les communautés et les groupes reconnaissent comme faisant partie de leur patrimoine culturel; des modes de sociabilité et des formes particulières d'organisation sociale comme certaines coutumes ainsi que des fêtes (calendaires, agricoles, etc.) ; • la toponymie : les opérations de dénomination des lieux. [Chiva, 1994]. </td> </tr> </table>	Patrimoine Culturel Matériel	<p>La convention pour la protection du patrimoine mondial, culturel et naturel de l'UNESCO regroupe dans le patrimoine culturel matériel les groupes de constructions isolées ou réunies, qui en raison de leur organisation, de leur architecture, de leur unité ou de leur intégration dans le paysage ont une valeur culturelle exceptionnelle du point de vue de l'anthropologie, de la géographie, de l'histoire, de l'art, de l'esthétique et de la science de l'ingénierie. Il représente les productions matérielles de l'homme et se compose de différents éléments :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Les paysages</u>: qui sont le résultat d'une action séculaire de l'homme sur son milieu. • <u>Les biens immobiliers</u>: sont aussi bien les bâtiments de différents usages et qui témoignent d'activités spécifiques ou tout simplement d'un style architectural spécifique. • <u>Les biens mobiliers</u>: Dans cette catégorie rentrent aussi bien les œuvres d'art que les ustensiles d'usage domestique ou professionnel. • <u>Les produits</u>: résultent d'une adaptation aux conditions locales et à des traditions de cultures, d'élevage, de transformation et de préparation. [13ème conférence européenne des ministres responsables de l'aménagement du territoire, 2003]. 	Patrimoine Culturel Immatériel	<p>La convention pour la protection du patrimoine mondial, culturel et naturel UNESCO déclare qu' « On entend par patrimoine culturel immatériel, les pratiques, les représentations, expressions, connaissances et savoir-faire, ainsi que les instruments, objets, artefacts et espace culturel qui leur sont associés... ».</p> <p>Ce patrimoine se compose d'un ensemble de biens immatériels qui sont indissociables du patrimoine matériel, et qui se résume dans</p> <ul style="list-style-type: none"> • les pratiques, les représentations, les expressions, les connaissances et savoir-faire que les communautés et les groupes reconnaissent comme faisant partie de leur patrimoine culturel; des modes de sociabilité et des formes particulières d'organisation sociale comme certaines coutumes ainsi que des fêtes (calendaires, agricoles, etc.) ; • la toponymie : les opérations de dénomination des lieux. [Chiva, 1994].
Patrimoine Culturel Matériel	<p>La convention pour la protection du patrimoine mondial, culturel et naturel de l'UNESCO regroupe dans le patrimoine culturel matériel les groupes de constructions isolées ou réunies, qui en raison de leur organisation, de leur architecture, de leur unité ou de leur intégration dans le paysage ont une valeur culturelle exceptionnelle du point de vue de l'anthropologie, de la géographie, de l'histoire, de l'art, de l'esthétique et de la science de l'ingénierie. Il représente les productions matérielles de l'homme et se compose de différents éléments :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Les paysages</u>: qui sont le résultat d'une action séculaire de l'homme sur son milieu. • <u>Les biens immobiliers</u>: sont aussi bien les bâtiments de différents usages et qui témoignent d'activités spécifiques ou tout simplement d'un style architectural spécifique. • <u>Les biens mobiliers</u>: Dans cette catégorie rentrent aussi bien les œuvres d'art que les ustensiles d'usage domestique ou professionnel. • <u>Les produits</u>: résultent d'une adaptation aux conditions locales et à des traditions de cultures, d'élevage, de transformation et de préparation. [13ème conférence européenne des ministres responsables de l'aménagement du territoire, 2003]. 				
Patrimoine Culturel Immatériel	<p>La convention pour la protection du patrimoine mondial, culturel et naturel UNESCO déclare qu' « On entend par patrimoine culturel immatériel, les pratiques, les représentations, expressions, connaissances et savoir-faire, ainsi que les instruments, objets, artefacts et espace culturel qui leur sont associés... ».</p> <p>Ce patrimoine se compose d'un ensemble de biens immatériels qui sont indissociables du patrimoine matériel, et qui se résume dans</p> <ul style="list-style-type: none"> • les pratiques, les représentations, les expressions, les connaissances et savoir-faire que les communautés et les groupes reconnaissent comme faisant partie de leur patrimoine culturel; des modes de sociabilité et des formes particulières d'organisation sociale comme certaines coutumes ainsi que des fêtes (calendaires, agricoles, etc.) ; • la toponymie : les opérations de dénomination des lieux. [Chiva, 1994]. 				

I.2.3. Les valeurs du patrimoine

Bourdin [1996] déclare que : « A la variété de définitions de la notion de patrimoine, s'ajoute une pluralité de valeurs fondamentales. La reconnaissance du patrimoine ne se fait pas à priori, elle émane plutôt d'une sélection élaborée par une communauté ou un groupe d'individus, sur la base de jugements de valeurs.»

La notion du patrimoine culturel englobait traditionnellement les monuments, et sites et tenait surtout compte de leurs valeurs esthétiques et historiques. Aujourd'hui, les monuments sont également considérés par leurs valeurs symboliques, sociales, culturelles et économiques, les éléments intangibles ne sont plus ignorés et de nouvelles catégories sont apparues.

La classification des valeurs du patrimoine a été faite par plusieurs auteurs de plusieurs façons. Mason [2002] a résumé les attributions typologiques données aux valeurs du patrimoine dans le tableau I.03 selon différents auteurs. Depuis leur élaboration par Riegl, il a effectué un classement chronologique suivant leurs redéfinitions et réinterprétations par différents courants et organismes.

Tableau I.03 : Les valeurs du patrimoine selon différents auteurs [Mason, 2002].

Auteurs	Valeurs
Riegl 1903	Ancienneté, Historicité, Commémoration, Usage, Nouveauté
Lipe 1984	Economie, Esthétique, Associative/symbolique, Informativité
Frey 1997	Economique, Option, Existence, Legs, Education, Prestige
English Heritage 1997	Culturelle, Educative/Académique, Fonctionnelle, Récréative, Esthétique
La Charte de Burra 1999	Esthétique, Historique, Scientifique, Sociale (incluant les valeurs, spirituelle, politique, nationale).

1.2.4. Classification des valeurs du patrimoine selon Riegl.

Riegl fut le premier à établir les valeurs des objets culturels du patrimoine au début du XX^{ème} siècle. Cet ensemble de valeurs peuvent être divisé en deux grands groupes: les valeurs du passé et les valeurs de contemporanéité.

a. Les valeurs du passé (valeurs de remémoration).

Elles sont basées sur la capacité d'un monument à informer sur le passé ou à rappeler un souvenir. Les valeurs du passé engloberont la valeur historique, la valeur d'ancienneté et la valeur commémorative.

- **Valeur historique.**

Valeur attachée à l'intérêt que présente l'objet patrimonial en tant que moment particulier dans l'évolution de la création humaine, que ce soit relativement à son état originel, ou aux interventions ultérieures considérées comme historiques.

- **Valeur d'ancienneté.**

Valeur attachée à la perception de l'objet ou de l'œuvre comme appartenant au passé. Toutes les caractéristiques telles que l'étrangeté de l'aspect, des matériaux, du dessin, de la forme, etc., mais aussi l'effet de dégradations naturelles : usure, dissolution des couleurs et des formes, défaut d'intégrité, etc. pourront constituer le fondement de cette perception.

- **Valeur commémorative.**

Valeur liée aux « monuments » intentionnels, destinés à garder un souvenir lié à un événement. C'est une valeur qui chevauche entre les valeurs de passé en tant que remémoration et les valeurs de contemporanéité à partir du moment où elle est destinée à commémorer donc fondée sur une immortalité souhaitée.

- b. Les valeurs d'actualité (valeurs de contemporanéité).**

Elles sont basées sur le fait que tout « monument » ou objet et œuvre peut être considéré comme équivalent ou comparable à une création moderne, récente et donc comme précise Riegl [1903] doit donner « l'impression d'une intégralité pure de toute dégradation naturelle ». Les valeurs de contemporanéité ou d'actualité comportent la valeur d'usage et la valeur d'art, cette dernière comprenant la valeur de nouveauté et la valeur d'art relatif.

- **Valeur utilitaire (d'usage).**

Généralement, cette valeur est liée à la conservation de la fonction attribuée à l'origine au monument, mais elle peut changer. Pour des exigences ou des raisons de mise aux normes actuelles, la valeur d'usage est souvent peu compatible avec la valeur historique. Mais, vu que l'usage peut faire durer l'objet patrimonial, la valeur utilitaire présente plus de compatibilité avec la valeur d'ancienneté.

- **Valeurs d'art.**

Elle représente une valeur esthétique. Celle-ci se scinde en deux types.

- ✓ **Valeur de nouveauté.**

Elle est attachée à un aspect fini, inentamé, qui ne présente pas de signes de dégradation et qui satisfait, à ce titre, un « vouloir artistique » contemporain ou actuel

- ✓ **Valeur d'art relative.**

Elle est liée à l'appréciation des œuvres des générations passées « non seulement comme des témoignages d'une création humaine l'emportant sur la nature, mais aussi pour la spécificité de leur conception, de leur forme et de leur couleur » précise Riegl [1903].

1.2.5. Classification des valeurs du patrimoine selon Mason.

La typologie proposée par Mason [2002] s'articule autour de valeurs qui se complètent, et plus souvent associées au patrimoine. Elle se divise en valeurs socioculturelles et économiques. Hassas [2012] a résumé ces valeurs comme suit :

a. Les valeurs socioculturelles.

- **La valeur historique** qui est établie sur la base de l'ancienneté, de l'unicité, de l'association à un personnage ou à un événement célèbre, du potentiel documentaire (ou archivistique) et de la qualité technique. Elle se subdivise en deux sous-catégories : artistique et éducationnelle c'est-à-dire la capacité à instruire sur le passé.

- **La valeur culturelle/symbolique** englobe toutes les significations traditionnellement portées par le patrimoine mais ne relevant pas, spécialement, de la valeur historique.

- **La valeur sociale** peut découler aussi bien de l'attachement d'une communauté pour un lieu en particulier, lui attribuant par là une valeur sociale, elle peut également concerner les lieux qui favorisent les échanges entre les individus même s'ils n'ont pas de qualités esthétiques (liées à leur aspect formel) ou historiques. Par exemple, les marchés publics, les terrains de sport, etc. sont souvent considérés comme des lieux à très forte valeur sociale.

- **La valeur spirituelle/religieuse** est associée, d'une part aux pratiques et lieux de culte «officiels» des grandes religions, d'autre part, aux émotions, sentiments d'émerveillement ou encore de respect suscités par les grandes œuvres de l'homme ou de la nature.

- **La valeur esthétique** est associée aux multiples définitions de la beauté, et de manière plus générale, au sentiment de bien-être ou de plénitude provoqué par le contact avec le «beau».

b. Les valeurs économiques.

Elles concordent les valeurs socioculturelles à celles qu'elles mesurent sur la base d'analyses quantitatives.

- **La valeur d'usage** permet d'attribuer une valeur marchande au patrimoine tel que les redevances à payer pour l'accès à une attraction touristique, le salaire d'un employé du patrimoine.

- **La valeur de non-usage**, à laquelle il est difficile d'attribuer une valeur monétaire. Cependant, les valeurs de non-usage n'en ont pas moins une valeur marchande vu les dépenses que les individus consentent à déboursier de leur argent pour les préserver.

Elles se subdivisent en plusieurs sous-catégories, notamment :

- ✓ La valeur d'existence pour laquelle un bien patrimonial, du seul fait d'exister, mérite la protection, selon les individus qui sont prêts à y mettre le prix de manière purement désintéressée.

- ✓ La valeur d'option qui fait référence à la possibilité que se réservent les individus de profiter ultérieurement d'un bien patrimonial et, entre temps, d'en financer la protection.

✓ La valeur de legs pour laquelle les usagers sont prêts à prendre en charge la protection d'un bien patrimonial considérant de leur devoir d'en assurer la transmission aux générations futures.

I.3. L'architecture de terre.

I.3.1. Aperçu historique sur l'architecture de terre

L'histoire de la construction en terre est mal connue, l'intérêt pour ce matériau jugé antique et médiocre était éclipsé par celui accordé à la pierre ou au bois : matériaux dit plus noble.

Pourtant des trouvailles archéologiques témoignent de l'importance du matériau terre dans l'histoire, presque toutes les civilisations l'avaient adoptée à un moment ou un autre : « la terre fut associée aux époques décisives de la révolution urbaine et servait la quotidienneté autant que le prestige des plus glorieuses civilisations de l'antiquité » [Houben et Guillaud, 1995].

Des âges les plus lointains à nos jours, elle s'affiche comme étant le matériau privilégié de l'homme bâtisseur, et le temps passant n'a pas pu effacer les preuves accumulées de cet usage de la terre.

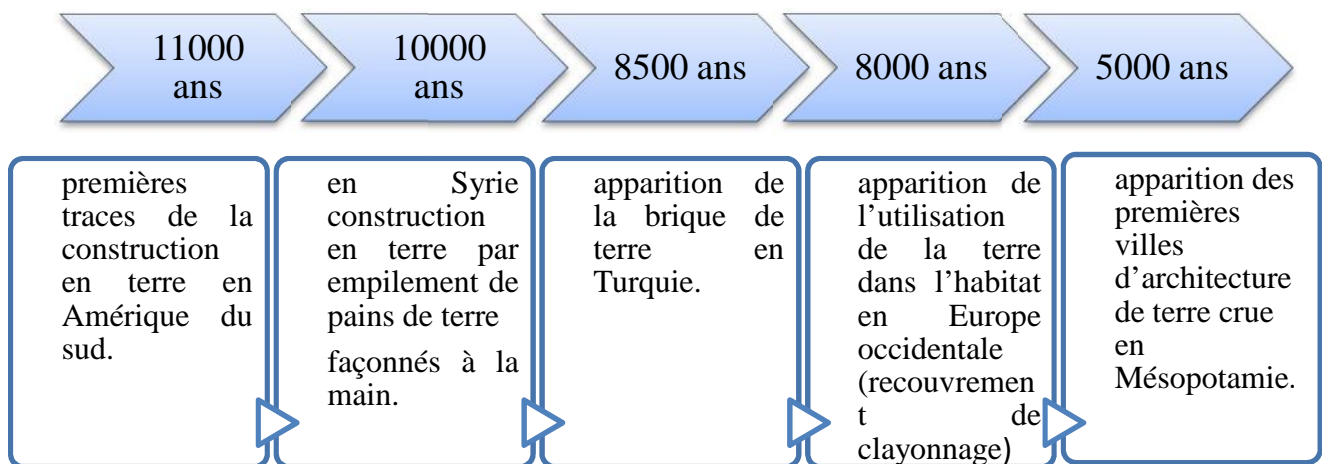


Figure I.03: Histogramme de quelques repères chronologiques de la construction en terre.

Les premières cités découvertes dans l'ancienne Mésopotamie datent d'avant même l'invention de l'écriture. La terre crue étant un matériau qui se dégrade plus rapidement que la pierre on a moins de vestiges aussi marquants que les pyramides d'Égypte, ils existent pourtant, mais sont moins connus : (Tchoga Zambil en Iran, Mari en Syrie, Shibam au Yémen).



Figure I.04: Tchoga Zambil en Iran
[UNESCO, 2012].



Figure 1.05: Shibam au Yémen
[UNESCO, 2012].

Pignal [2005] précise que dans les vallées fertiles de la Mésopotamie, de l’Egypte, de l’Inde et de la Chine, les terres alluviales et la paille des céréales ont permis la mise au point de technologies multiformes et leur diffusion à partir de ces principaux foyers de civilisation pour ensuite se généraliser au grés des migration et des conquêtes.

Dans le continent africain, une très grande partie du parc immobilier des zones rurales et même urbaines est en terre utilisée sous une diversité linguistique qui exprime aussi une diversité des techniques de construction ainsi qu’une connaissance très affinée des possibilités qu’offre la terre [Houben et Guillaud, 1995].

Les premières utilisations de la terre crue en Afrique remontent à 8000 ans, (des cabanes de bois enduites de terre).

Les civilisations antiques maîtrisaient l’utilisation de ce matériau, on peut citer par exemple la pyramide de Saqqarah (figure I.06), par la suite, son utilisation s’étend sur tout le continent, produisant une diversité et une richesse architecturale exceptionnelles.



Figure I.06: Pyramide Djoser à Saqqarah, Egypte [Wikipédia].

Le matériau terre a été extrêmement employé jusqu’au lendemain de la seconde guerre mondiale. Le caractère d’urgence des reconstructions, qui ont suivi les deux guerres, s’adaptait mal à l’aspect saisonnier et à la lenteur de sa construction. La désertification des campagnes, la généralisation du travail salarié et l’abandon en milieu rural des systèmes d’entraide familiale ont ensuite participé à la disparition de cette architecture.



Figure I.08: Temple d'Horyu-ji au Japon [UNESCO, 2012].

Nous pouvons trouver encore, dans le monde plusieurs ouvrages en terre, qui ont été construits il y a des centaines d'années et qui restent debout jusqu'à aujourd'hui. Nous pouvons citer ici l'exemple du Temple d'Horyu-ji au Japon (Figure I.08), un patrimoine de l'UNESCO, âgé de 1300 ans. Une part de ce temple a été construite en pisé non stabilisé et reste encore en bon état aujourd'hui [Djebib et Hall, 2004].

Un autre célèbre exemple est le cas de la Grande Muraille de Chine (Figure I.09) « La grande muraille de Chine, près de Jiayuguan, dans la province de Gansu, est construite en terre crue, seul matériau disponible localement. » [Anger et Fontaine, 2009]. Cet ouvrage a été construit il y a 2000 ans avec du pisé, parfois recouvert de parements en briques cuites, ce qui le rend difficilement identifiable. Certaines parties pourraient aussi être en adobe.



Figure I.09: Portions de la grande muraille construites en terre [UNESCO, 2012].

La durabilité des constructions en pisé est conditionnée par une bonne mise en œuvre et des règles très strictes qui demandent un savoir-faire propre. Mal conçues, les constructions peuvent être l'objet de graves désordres.

I.3.3. Avantages et inconvénients de l'architecture en terre

Le premier avantage à citer, concernant cette architecture, est bien du côté économique. Etant un matériau local et naturel, disponible dans chaque coin de la planète, le matériau terre est moins cher que les matériaux conventionnels (industrialisés), notamment dans les pays en voie de développement où l'emploi manuel n'est pas coûteux.

La fiabilité de la construction en terre a été démontrée non seulement dans les pays pauvres où la plupart des peuples n'avaient pas assez de moyens pour construire des maisons "modernes" [MacLeod, 2002], mais elle a aussi une énorme potentialité dans les régions pauvres des pays riches [Barbossa et al, 2007] où la situation de logements des pauvres est encore très mauvaise.

La réalisation de logements sociaux à Tan Tan (Maroc) montre que l'utilisation d'un savoir-faire local appuyé d'une technologie adaptée dans la construction peut faire baisser sensiblement le prix des logements qui peut atteindre 50% du prix de réalisation avec des matériaux conventionnels (béton, brique cuite, aggloméré de ciment...). Les logements initialement prévus pour une surface couverte de 27m² ont pu ainsi passer à 41m² grâce à l'économie des constructions réalisées [CRATerre, 1987].

Il y a aussi l'exemple des îles Mayotte en 1995, où le développement d'une filière terre crue a permis la mise en place d'une véritable industrie du bâtiment capable de répondre aux besoins en logement des populations à faibles revenus [CRATerre].

Dans notre pays, les études menées au Centre National d'Etudes et de recherches Intégrées au Bâtiment (CNERIB), montrent que l'utilisation de briques en terre crue comme remplissage d'une ossature en béton armé peut réduire de 32% le coût global des habitations, comparées à l'utilisation des matériaux conventionnels. Ce résultat ouvre une perspective encore plus prometteuse, pour diminuer encore plus les coûts par l'utilisation de structures porteuses en terre crue [CNERIB, 2000].

Dans les pays industrialisés, bien que l'avantage économique du matériau terre soit aussi un point fort, il n'est pas un point favorable à rechercher. Pourtant, c'est l'avantage environnemental qui met le matériau terre dans la position d'un matériau "du futur" dans ces pays. Le premier avantage environnemental réside dans la très faible énergie grise consommée et la très faible pollution pendant la fabrication par rapport aux matériaux conventionnels. Le deuxième avantage environnemental réside dans la phase de démolition des bâtiments. Avec un recyclage aisé, le matériau terre traditionnel (non-stabilisé) ne pose pas de problème de déchets comme dans le cas des matériaux conventionnels [Bui, 2008].

Les avantages socio-économiques sont aussi fort présents puisque la revalorisation de l'architecture en terre ouvre de nouvelles issues pour le marché de l'emploi. Les procédés de productions des produits en terre crue sont très variés et vont du manuel artisanal jusqu'à l'industriel en passant par le semi mécanique, le mécanique et le semi industriel. Cette caractéristique ouvre un grand marché pour l'emploi qui assimile aussi bien une main d'œuvre peu qualifiée, que des cadres de haut niveau de formation. L'expérience de la filière

terre à Mayotte, donne l'exemple de la capacité de ce marché pour l'emploi, avec les dix-neuf briqueteries villageoises installées sur l'île de Mayotte, quelque dix mille personnes vivent de cette filière terre (un septième de la population totale). Cette caractéristique permet à l'architecture de terre de s'adapter aux conditions des pays moins développés où il s'agit plus d'accroître les revenus des populations pauvres par l'ouverture de chantiers à moindre coût et à haute intensité de main d'œuvre [Kebaili, 2006].

I.3.4. Législation concernant l'architecture de terre

La législation est fort présente dans le domaine du patrimoine, sa sauvegarde et sa valorisation, à l'étranger comme en Algérie mais le cadre juridique n'est pas suffisant pour mener à bien des actions de conservation et valorisation du patrimoine, il est nécessaire de s'appuyer sur les expériences étrangères en matière de politique du patrimoine et notamment le patrimoine bâti ancien, telle que la politique du patrimoine rural en France.

En Algérie, du moment où les vestiges de l'architecture en terre sont considérés comme des monuments classés autant que patrimoine mondial protégé par l'UNESCO, à savoir la Casbah d'Alger et les ksour de la vallée du M'Zab ; ou même les monuments classés au niveau national comme les différents ksour du sud algérien, la loi 98-04 du 15 janvier 1998 relative à la protection du patrimoine culturel qui a pour objectif de définir le patrimoine culturel de la nation, d'édicter les règles générales de sa protection, sa sauvegarde et sa mise en valeur et de fixer les conditions de leur mise en œuvre.

Baloul [2007] affirme que le patrimoine bâti traditionnel bien que reconnu par la législation en vigueur reste très souvent ignoré, sinon laissé à l'abandon ou démoli, car, il n'y a pas suffisamment de moyens pour passer du stade de bonnes intentions au stade de leur mise en pratique. (Manque de spécialiste arpenteurs du patrimoine).

Mais rien n'a été abordé concernant l'architecture en terre non classé, le manque énorme dans ce domaine implique l'abandon de cette architecture, qui est pratiquement en totalité en ruine.



Figure I.10: Ksar en ruine à Biskra [Auteur].



Figure I.11: Maison abandonnée à Ait Hmad - Maatkas [Auteur].

- **Réglementations.**

L'Algérie ne dispose pas encore d'une réglementation propre à la construction en terre mais elle semble avoir établi ses bases grâce aux recommandations pour la production et la mise en œuvre des bétons de terre stabilisée approuvées en 1987 [JORA, 1988]. En 1988 le Centre Nationale d'Etudes et de Recherches Intégrées du Bâtiment (CNERIB) a publié un document intitulé "Béton de terre stabilisée" [JORA, 1988] qui renferme trois parties essentielles:

1. Recommandations pour la production et la mise en œuvre des bétons de terre stabilisée,
2. Guide technique du BTS (Béton de terre stabilisée),
3. Notice pour l'utilisation de la presse BTS.

Ce document est un ensemble de recommandations qui concernent uniquement le BTS.

Cependant sa mise en application est presque inexistante, en milieu urbain ou rural. Nous rappelons ici que les projets en milieu rural, ne sont pas toujours soumis à la procédure de recours à l'architecte pour la préparation du dossier d'exécution [Décret ministériel, 1992]. Le document est approuvé par arrêté ministériel du 05/12/1987. Il est destiné à guider et conseiller les utilisateurs du béton de terre stabilisée; dans la phase de production et celle de sa mise en œuvre. Il est aussi destiné aux concepteurs, aux entrepreneurs et aux auto-constructeurs.

Il se compose de deux parties essentielles; celle de la production des blocs de BTS et celle de sa mise en œuvre. L'utilisation du BTS est proposée comme alternative au « thoub » et au pisé produit localement. Cette technique nouvelle vise à améliorer la qualité de durabilité de la terre crue afin de préserver son utilisation et profiter de ses qualités thermiques.

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 constitue une référence pour la rédaction du cahier des charges, composant essentiel du dossier d'appel d'offre que doit préparer l'administration comme première procédure de passation de marché public. Il permet aussi aux services de contrôle et de suivi de superviser la réalisation et juger de la conformité des produits et des réalisations [Sabri et al, 2000].

Le document est accompagné d'une annexe de vulgarisation des principes d'utilisation du BTS ce qui démontre la volonté d'une large diffusion de ce procédé constructif. Mais il reste fidèle à la tendance de technicité par ce rattachement au laboratoire pour les essais de choix et de contrôles de qualité.

- **Autres aspects réglementaires.**

Si les recommandations actuelles sur l'architecture de terre ne concernent que les réalisations avec le BTS, toutefois la loi algérienne est ouverte au procédé nouveau sous certaines conditions.

Pour ouvrir la voie à tout produit ou procédé non encore reconnu officiellement, elle prévoit la procédure d'agrément [Arrêté du 15 Mai 1988]. L'agrément confirme l'aptitude à l'emploi de produits et procédés nouveaux. Il valorise le produit et permet :

1. Une garantie du produit au niveau du fabricant : par le contrôle de qualité que celui-ci est contraint de réaliser, pour justifier ses résultats auprès de l'administration
2. Une garantie de procédés auprès des entreprises : par le respect de la mise en œuvre
3. Une garantie auprès des compagnies d'assurances : par la référence au contrôle de qualité imposé par l'agrément.

La réglementation algérienne est aussi ouverte sur les normes nationales étrangères et internationales pour amender les normes algériennes [Décret exécutif, 1990].

Cependant pour la maîtrise de l'œuvre, la réglementation algérienne présente un désavantage dénoncé depuis bien longtemps par Fathy [1970]. Elle prévoit une rémunération au pourcentage du coût d'objectif de l'ouvrage [Arrêté interministériel, 1970]. Cela peut constituer un obstacle pour la diffusion des techniques constructives peu onéreuses et empêcher les maîtres d'œuvres de s'initier à l'architecture de terre qui se veut économique, les réalisations avec d'autres matériaux coûteux leurs seraient plus profitables.

En conclusion, nous pouvons dire que l'Algérie affiche un retard par rapport à d'autres pays qui ont élaboré leurs propres normes pour la construction en terre et les règles parasismiques appropriées. Toutefois cet écart est minime grâce au fonctionnement de la normalisation qui reste ouverte sur les normes internationales et nationales étrangères pour leur éventuelle adoption.

I.4. Le patrimoine architectural en terre

Actuellement, 20% des sites de la liste du patrimoine mondial établie par l'UNESCO sont construits, entièrement ou partiellement avec de la terre, soit à ce jour en 2014, 150 biens culturels et mixtes auxquelles il faut ajouter 173 biens inscrits sur la liste indicative en mesure de faire l'objet de demandes de classement.

15% de la liste des monuments les plus en danger établie par le "World Monument Watch" sont construits en terre (sur 100 sites, liste révisée chaque année), avec le dernier site classé : Le village New Gourna de Hassan Fathy. [Guillaud, 2014]

I.4.1. Pourquoi cette architecture est un patrimoine?

L'architecture en terre est un patrimoine du moment où elle constitue une ressource d'une richesse incomparable. Ses techniques constructives, ses procédés pour assurer le confort et la protection de l'homme sont merveilleusement élaborés. En effet, son génie réside dans une économie bien cernée de la construction tirant partie à la fois, du climat, des ressources naturelles locales, des performances des matériaux et des savoir-faire locaux. Alors nous utilisons le concept de patrimoine pour l'architecture de terre, pour tout ce qu'elle représente et tout ce qu'elle apporte comme enseignement dans l'art de construire actuellement, dans une logique de développement durable. On peut dire que ce qui donne à

l'architecture de terre sa valeur patrimoniale, réside dans ses diverses techniques de mise en œuvre, ses savoir-faire, les performances de son matériau.

L'architecture de terre pourra donc s'avérer une alternative opérationnelle qui renversera la tendance moderniste en matière de construction et mettre en place des programmes de logements et d'urbanisation faisant appel à la terre, à l'eau, au soleil et surtout au savoir-faire ancestraux [Houben et Guillaud, 1995].

Et donc, de part son caractère patrimonial, l'architecture en terre véhicule la notion de conciliation entre valeurs du passé (traditions, identité...) et modernité (progrès, avenir...). S'inspirer donc des civilisations anciennes pour mieux asseoir la civilisation actuelle et celle du futur c'est s'inscrire dans la philosophie du développement durable dont l'un des principes repose sur la relation intergénérationnelle dans le sens d'aujourd'hui à demain. Ceci implique la mise en relation de la gestion d'un territoire et de la population qui l'occupe avec son histoire [Wursteisen, 2002].

L'architecture de terre revêt un caractère patrimonial par rapport à sa valeur esthétique du passé, son intégration dans un paysage, ses techniques constructives traditionnelles et son rapport à l'histoire locale et à la société. C'est un héritage collectif qu'il est indispensable de conserver pour lui assurer une pérennité en tant que patrimoine et assurer aussi le maintien des équilibres écologiques ainsi que le développement économique, social et culturel des populations. Du fait qu'elle recèle des solutions adéquates au climat en particulier et à l'environnement d'une manière générale [Baloul, 2007].

I.4.2. Patrimoine architectural en terre, entre valeurs nationales et universelles.

Les valeurs de l'architecture de terre sont incontestables, nous avons cité quelques unes dans le titre précédent. Ces valeurs que le matériau, le bâti ainsi que toutes ses composantes en témoignent.

a. **Valeur d'intégrité :** Malgré les risques encourus des séismes, des incendies, des glissements de terrain et des inondations, différents sites, dans leurs ensembles, ont gardé une intégrité en tant que cadre physique et leurs fonctions comme lieu de vie ou d'habitat. Les différents ksour algériens, ainsi que les villages kabyles ont le meilleur exemple de l'intégrité de ces architectures en terre.

b. **Valeur d'authenticité :** L'architecture de terre témoigne d'une authenticité remarquable, aussi bien au niveau des formes qu'elle peut proposer, et de la conception qui peut être diverse d'un endroit à un autre, des procédés de construction (pisé, adobe, torchis...) que de l'utilisation (habitation, commerce, lieu de culte) et des traditions populaires.

I.4.3. Valeurs du patrimoine architectural en terre selon la grille de Mason.

a. Valeurs socioculturelles.

- **Valeurs historiques.**

Ces dernières comprennent la valeur éducationnelle et la valeur artistique du patrimoine matérialisées dans les traces, toujours présentes, révélant la science et le génie de l'architecture de terre avec tous ces aspects, combinés à la tradition architecturale locale.

- **Valeurs culturelle/ symbolique.**

L'architecture de terre est très ancienne. Elle peut remonter jusqu'à la période mésolithique qui marque le début de la sédentarisation de l'homme (10 000 à 5000 ans avant l'ère chrétienne) [Houben et Guillaud, 1989].

La valeur culturelle réside dans la traduction de l'identité des lieux et des cultures qui datent de ces périodes lointaines à travers le monde, elle est nécessaire d'être préservée.

Cet héritage des anciennes civilisations est aussi lié à un patrimoine immatériel fait de chant, de travaux communs comme la "touïza", qui traduisent la culture et le style de vie des différents peuples dans le monde.

Les techniques constructives en terre crue et les savoir-faire sont intimement liés à ce patrimoine majeur ancien qu'il s'agit de préserver.

Tous ces éléments font que la valeur culturelle de cette architecture est très présente et très significative.

- **Valeurs sociales.**

Les valeurs sociales sont omniprésentes au sein des architectures de terre comme les ksour algériens, voir même maghrébins ou les différents villages africains, ces valeurs sont à toutes les échelles de la structure urbaine, depuis l'espace de la ville, du ksar ou du village jusqu'à celui de la maison. Les vestiges de la structure urbaine traditionnelle associée à un grand sens de la communauté sont les témoins de cette valeur et le résultat de son interaction avec les diverses couches des populations qui l'ont façonnée.

- **Valeurs esthétiques.**

Les valeurs esthétiques sont très ubiquistes dans l'architecture de terre, elles se diversifient d'une région à une autre racontant l'histoire de cette dernière et représentant sa culture de la meilleure manière.

Elle touche à tous les éléments architecturaux d'une construction, de la forme globale jusqu'aux détails décoratifs comme on peut le voir sur la figure I-12.



Figure I.12: décoration d'un mur en terre
à Thala Hammou – Maatkas [Auteur]

b. Valeurs économiques.

- **Valeur d'usage.**

Considérant les valeurs d'usage du patrimoine architectural en terre vivant, et à l'instar des différents ksour du Maghreb qui jouissent d'une grande valeur économique du fait de leur attraction touristique. Le patrimoine architectural algérien en raison de ses spécificités, recèle des richesses susceptibles de la propulser sur le plan économique et d'en faire un outil important pour le développement local, d'une part, par la réhabilitation des activités artisanales et des métiers susceptibles d'assurer sa conservation permanente, la résorption du chômage au niveau de la population locale, et d'autre part, par le développement de ses potentialités touristiques dont les répercussions sur le développement socio-économique est aujourd'hui une réalité tangible pour de nombreux pays dans la région.

- **Valeurs de non-usage**

Valeur d'existence : Ce patrimoine, par le simple fait qu'il existe, mérite d'être protégé, les personnes impliquées dans sa protection le présentent comme un support d'identité de ses villes, voire même du pays.

Valeur d'option : C'est la valeur qui fait que les propriétaires consentent à investir dans la réhabilitation de leur bien, dans la perspective d'en tirer profit ultérieurement. Cette mentalité d'investissement commence à faire son chemin chez les propriétaires des ksour dans le sud algérien qui voudraient jouir des biens qu'ils possèdent, et espérant qu'elle touchera un plus grand nombre de vestiges en terre.

Valeur de leg : Celle qui nous incite à sauvegarder ce patrimoine comme un héritage qui nous est parvenu, et que nous devons à notre tour transmettre aux générations futures, c'est essentiellement cette valeur qui a motivé l'élite intellectuelle à travers leurs campagnes de sensibilisation à la protection du patrimoine architectural en terre comme valeur ancestrale à partager entre les générations.

I.4.4. Patrimoine architectural en terre en Algérie.

a. Patrimoine mondial.

Deux des sites algériens de la liste du patrimoine mondial établie par l'UNESCO sont construits, entièrement ou partiellement avec de la terre, à savoir la casbah d'Alger et la vallée du M'zab.

- **Casbah d'Alger.**

« La Casbah témoigne d'une authenticité remarquable, aussi bien au niveau de la forme et de la conception (trame urbaine très dense), des matériaux de construction (briques de terre crue, enduits de terre et à la chaux, pierre et bois) que de l'utilisation (habitation, commerce, culte) et des traditions populaires. » [UNESCO, 2012].



Figure I.13: Vue sur la Casbah d'Alger [Auteur].

La Casbah d'Alger (Figure 1.13) est un exemple éminent d'un habitat humain traditionnel représentatif de la culture musulmane profondément méditerranéenne, synthèse de nombreuses traditions. Les vestiges de la citadelle, des mosquées anciennes, des palais ottomans, ainsi qu'une structure urbaine traditionnelle associée à un grand sens de la communauté sont les témoins de cette culture et le résultat de son interaction avec les diverses couches de peuplement.

- **Vallée du M'zab**

Un groupe de cinq ksour (villages fortifiés) constituent des citadelles en miniature (El-Atteuf, Bou Noura, Beni Isguen, Melika et Ghardaïa). Trois éléments récurrents se retrouvent dans ces cinq villages : Le ksar avec son enceinte, le cimetière et la palmeraie avec sa cité d'été. La construction en terre, est principalement présente dans les constructions situées dans les palmeraies (murs d'adobe, toitures terrasse).



Figure I.14: Vue sur le ksar de Ghardaïa [UNESCO, 2012]

Les ensembles anthropiques de la Vallée du M'Zab témoignent, par leur architecture puissamment originale datant du début du XI^e siècle et par la rigueur de leur organisation, d'un modèle original exceptionnel d'implantation pour les établissements humains de l'aire culturelle du Sahara central. Ce modèle d'habitat a exercé une influence considérable pendant près d'un millénaire sur l'architecture et l'urbanisme arabes, y compris sur les architectes et urbanistes du XX^e siècle, de Le Corbusier à Fernand Pouillon et André Raverau.

La vallée du M'zab est en effet classée sur la liste du patrimoine mondial de l'UNESCO depuis 1982. Ses ksour sont les seuls qui bénéficient d'une mesure de protection supra nationale. Malheureusement, ces mesures ne peuvent pas garantir la préservation de cette part majeure du patrimoine architectural algérien.

Le constat sur le terrain est en effet clair : Les ksour, lorsqu'ils sont abandonnés par leurs habitants, finissent inévitablement par être réduits à l'état de ruines. Des ruines qui restent cependant sublimes car elles témoignent encore parfaitement de l'intelligence et de l'ingéniosité dont ont fait preuve ces hommes, nos ancêtres, qui ont su répondre avec justesse et respect aux contraintes que leur imposait leur environnement [Terki, 2012].

b. Patrimoine national.

Plusieurs des sites classés dans la liste du patrimoine national sont construits, entièrement ou partiellement en terre, surtout les ksour du sud algérien. Parmi les centaines des ksour qui constituent les centres historiques des oasis du sud de l'Algérie, une trentaine seulement bénéficie de mesures de protection légale. Ces mesures sont spécifiées par la loi n° 98-04 relative à la protection du patrimoine culturel [Terki, 2012].

Il s'agit de la création de secteurs sauvegardés, un régime de protection applicable aux ksour qui « par leur homogénéité et leur unité architecturale et esthétique, présentent un intérêt historique, architectural, artistique ou traditionnel » [Loi 98-04].



Figure I.15: Ksar Boussemgoun-El Bayadh [Terki, 2012]



Figure I.16: Ksar Chetma- Biskra [Terki, 2012]

Dix huit seulement des trente et un (31) ksour protégés d'Algérie, bénéficient d'une mesure de protection nationale, il s'agit de :

- **Taghit, Béni Abbès et Kenadsa** dans la wilaya de Bechar.
- **Tamentit** dans la wilaya d'Adrar (Figure I.18).
- **Ouargla et Temacine** dans la wilaya d'Ouargla (Figure I.17).
- **Khenguat Sidi Nadji** dans la wilaya de Biskra.
- Les cinq ksour qui forment **la vallée du M'zab**, ainsi que **Metlili, Berriane, Guerrara et El Méniaa** dans la wilaya de Ghardaïa.
- **Tamerna et Laachache M'saba** dans la wilaya d'El Oued.



Figure I.17: Ksar Temacine - Ouargla [Terki, 2012]



Figure I.18: Ksar Tamentit - Adrar [Baloul, 2007]

c. Patrimoine non classé.

Comme cité auparavant, parmi la centaine de ksour existants, une trentaine seulement est protégée, voir classée au premier lieu. Et donc, une grande partie du patrimoine algérien en terre, n'est pas protégé par les spécialistes, et n'est pas connu par la majorité.



Figure I.19: Ksour non classés en Algérie, A: Adrar [Baloul, 2007] et B: Biskra [Auteur]

Un autre constat malheureux est que du moment où on dit architecture de terre en Algérie, on fait référence directement aux ksour, mais les constructions en terre en Algérie ne se limitent pas seulement au sud, il y a plusieurs villages au nord (Figure I.20) qui étaient fait en terre, et où l'on peut voir leurs traces. La conservation de ces villages est aussi importante que celle des ksour.



Figure I.20: Maison en terre à Ait Itchir en Kabylie [Salmi, 2014].

I.5. Conclusion.

L'essentiel à retenir de ce chapitre est que La notion de patrimoine est une notion universelle, elle est fondée sur le principe intergénérationnel et s'articule autour de valeurs fondamentales telles que : l'historicité, l'identité, l'exemplarité et la beauté.

Le cadre juridique n'est pas suffisant pour mener à bien des actions de conservation, valorisation du patrimoine, il est nécessaire de s'appuyer sur les expériences étrangères en matière de politique patrimoine et notamment le patrimoine bâti ancien.

Le patrimoine architectural en terre, bien que reconnu, reste très souvent ignoré, sinon laissé à l'abandon ou démoli, car, il n'y a pas suffisamment de moyens pour passer du stade

de bonnes intentions au stade de leur mise en pratique (Manque de spécialiste arpenteurs du patrimoine), ce qu'en va voir en détails dans le chapitre suivant.

Chapitre II : Conservation et valorisation du patrimoine architectural en terre.

II.1. A l'étranger.

II.2. En Algérie.

II.3. Conclusion.

Ce chapitre se veut un plaidoyer en faveur du patrimoine architectural en terre. Et voir comment on peut la conserver, les efforts faites par tous les niveaux pour la protéger et la valoriser dans un monde aveuglé par la modernité, et cela en tirant un trait sur tous ce qu'elle représente et tout ce qu'elle apporte comme enseignement dans l'art de construire actuellement, dans une logique de développement durable.

Aujourd'hui, l'architecture de terre connaît un renouveau, on commence à lui reconnaître et à juste titre tous ses atouts. Les recherches en faveur de la relance et de l'amélioration de la construction en terre présente un réel potentiel de développement.

II.1. A l'étranger.

Partout dans le monde, les nouvelles techniques de construction développées avant la deuxième guerre, ont recours au calcul des structures et l'application de réglementation en faveur des techniques contemporaines, et ont consacré la disparition des techniques locales et traditionnelles dont celles de la terre crue [Coignet et Coignet, 2003].

Les techniques de la construction en terre ayant montré leur fiabilité, pour ses qualités et afin de mieux profiter des avantages de l'architecture de terre, plusieurs pays ont lancé des programmes de revalorisation de cet art de bâtir. [CRATerre].

D'anciennes expériences telles que la réalisation du village de New Gurna en Egypte dans les années quarante du siècle passé, réalisé par l'éminent architecte égyptien Hassan Fathy était une illustration réussie des capacités techniques et formelles de l'architecture de terre [Fathy, 1970]. A part Hassan Fathy, on peut dire qu'on doit la redécouverte du matériau terre crue grâce à l'auteur constructeur français François Cointeraux (1740 -1830) et l'exposition universelle tenue au centre George Pompidou en 1980.

D'autres expériences menées en France et au Maroc, constituent des exemples très intéressants dans ce domaine du fait qu'elles se sont déroulées dans des pays proches de l'Algérie et elles ont eu leurs effets positifs sur la société. Hormis celles réalisées par le CRATerre, nous estimons que les recherches scientifiques sur les expériences de revalorisation de l'architecture de terre sont rares. Même si plusieurs pays ont mené leurs propres expériences telles que la Chine, l'Inde, L'Australie, la Nouvelle Zélande, l'Iran, l'Egypte, les Etats-Unis ou bien le Pérou, les monographies sur ce sujet sont rares. [Kebaili, 2006].

Dans cette partie, nous allons voir des expériences étrangères de conservation et valorisation relatives à l'architecture de terre.

II.1.1. Formations et recherches faites sur le thème.

La formation est la base de tout programme de relance de la construction en terre. C'est ainsi que l'Allemagne, après la deuxième guerre mondiale, a dû former de façon intensive des centaines d'architectes et d'ingénieurs dans des centres spécialisées en architecture de terre afin qu'ils participent à la reconstruction du pays [Encyclopédie du Bâtiment].

Depuis 1979, CRATerre, Centre International de la Construction en Terre, œuvre à la reconnaissance du matériau terre afin de répondre aux défis liés à l'environnement, à la diversité culturelle et à la lutte contre la pauvreté. Dans le monde, elle est la seule institution qui forme et fait de la recherche dans le domaine de la terre, il est le seul organisme qui joue un rôle pilote dans le domaine de la formation sectorielle, dans cette perspective, CRATerre poursuit trois objectifs :

- Mieux utiliser les ressources locales, humaines et naturelles,
- Améliorer l'habitat et les conditions de vie,
- Valoriser la diversité culturelle.

Elle 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 architecturale 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 [CRATerre, site internet] axées principalement sur la conservation du patrimoine architectural en terre.

• **Diplôme de spécialisation et d'approfondissement (DSA) en architecture de terre.**

Le laboratoire CRATerre de l'École Nationale Supérieure de Grenoble (ENSAG) se préoccupe de l'enseignement en architecture de terre depuis plus de 30 ans, à travers le diplôme de spécialisation et d'approfondissement en architecture de terre, DSA-Architecture de terre, mention « architecture et patrimoine », délivré par le Ministère de la Culture et de la Communication de la France.

La formation a pour objectif de répondre à la demande sociale internationale dans les domaines relatifs aux métiers de l'architecture de terre.

Cette formation répond à une demande internationale, en termes de renforcement des compétences, évoquée régulièrement lors de rencontres des professionnels de l'architecture de terre. Ces professionnels rejoignent cette formation car ils sont parfaitement conscients de la pertinence du sujet : d'après l'ONU-Habitat trois milliards d'êtres humains seraient mal ou non logés à l'horizon 2050. Une piste de réponse à ce problème est peut-être à trouver auprès du tiers de l'humanité qui vit dans des habitats construits en terre. [Rakotomamonjy et al, 2012].

- **Chaire UNESCO Architecture de terre, cultures constructives et développement durable et de son réseau UNITWIN.**

DSA-Architecture de terre est la seule formation au monde de niveau post-master dans ce domaine. Celle-ci n'est d'ailleurs dispensée qu'en langue française.

Afin de combler ce manque, la chaire UNESCO Architecture de terre, cultures constructives et développement durable, est particulièrement importante. Créée en 1998 à l'initiative de la Division de l'Enseignement Supérieur de l'UNESCO, elle est pilotée par le laboratoire CRATerre-ENSAG. La vocation essentielle de cette chaire UNESCO est d'accélérer la diffusion, au sein de la communauté internationale, des savoirs scientifiques et techniques sur l'architecture de terre dans trois domaines :

- a) Environnement et patrimoine mondial,
- b) Environnement, établissements humains-habitat.
- c) Economie et production

Cette chaire entend faciliter la mise en place d'activités d'enseignement, de recherche, d'expérimentation et de communication, au sein d'institutions partenaires de l'enseignement supérieur, de la recherche scientifique et de la formation professionnelle, à l'échelle internationale [Rakotomamonjy et al, 2012].

Dans le monde, le programme Chaire UNESCO (grâce à 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 diffusion du savoir scientifique de l'architecture de terre, notamment par l'implantation et le développement de la formation au niveau des universités et des centres scientifiques et techniques. Les bénéficiaires de ce programme ne cessent d'augmenter et jusqu'à présent,

En 2012, la chaire UNESCO Architecture de terre, cultures constructives et développement durable et son réseau UNITWIN compte 37 partenaires dont 13 en Afrique, 13 en Amérique latine, 7 en Asie et 4 en Europe (figure I.01).



Figure I.01 : Localisation des institutions partenaires de la Chaire UNESCO Architecture de terre, cultures constructives et développement durable et son réseau UNITWIN [Rakotomamonjy et al, 2012].

Ces institutions sont particulièrement actives. On note en particulier :

- **Un développement de l'enseignement diplômant :** On remarque que de plus en plus d'institutions réussissent à inscrire dans des cursus existants des modules sur l'architecture de terre, les cultures constructives et le développement durable, formant ainsi 660 personnes en 2011.
- **La sensibilisation, un axe majeur :** 1795 personnes ont été sensibilisées à l'architecture de terre, aux cultures constructives et au développement durable. Ces actions sont particulièrement importantes du fait qu'elles s'adressent à des publics divers.
- **Un élargissement du public :** Les actions des institutions membres du réseau de la chaire UNESCO s'adressent en 2011 à un public varié. [Rakotomamonjy et al, 2012].

II.1.2. Programmes pour la protection et la valorisation de l'architecture de terre.

a. Le Projet « Terra ».

Son principal objectif est le développement de la conservation du patrimoine architectural en terre, à atteindre, au travers d'une coopération institutionnelle dans les domaines de la recherche, la formation, la planification, l'expérimentation et la diffusion. Le projet a mûri en 1997, suite à l'expérience du cours panaméricain sur la conservation et la gestion du patrimoine architectural et historique et archéologique en terre dénommée PAT 96 de Trujillo (Pérou).

Les partenaires de ce projet nommé « Projet Terra » sont :

- Le Centre International de la Construction en Terre (CRATerre-EAG) ;
- Le Getty Conservation Institute ;
- Le Centre International des Études sur la Conservation et la Restauration des Biens Culturels (ICCROM).

Ils s'engagent en tant que «partenaires gestionnaires» à prendre en charge la promotion de la compréhension et de la préservation du patrimoine architectural en terre, à travers la mise en place d'un programme cadre. Les activités du Projet Terra se développent en une perspective globalisante prenant en charge l'ensemble des besoins tout en encourageant l'utilisation des méthodologies intégrées et compréhensives. Le projet est axé principalement sur la recherche, la formation, le planning, l'exécution et la diffusion.

b. Le programme « Africa 2009 ».

Le projet Africa 2009 est un programme à long terme concernant le patrimoine culturel immobilier de grandes dimensions, comme les villes, les monuments, les architectures de dimensions variées, les sites archéologiques et d'art rupestre, ainsi que les installations humaines et les paysages culturels. Il est conçu pour répondre aux besoins de protection et de mise en valeur du patrimoine architectural traditionnel de l'Afrique sub-saharienne [UNESCO, 2002].

La plus part du bâti en terre fait face à l'heure actuelle à de nombreuses menaces liées soit à la dégradation de l'environnement et aux problèmes de la modernisation, soit au manque de personnel qualifié à planifier et à gérer les processus de gestion et d'entretien régulier de ce vaste patrimoine.

Afin de donner des réponses ciblées, le Centre du Patrimoine Mondial de l'UNESCO, l'ICCROM et CRATerre - EAG en 1996, décident d'élaborer une stratégie globale de formation de personnes impliquées dans les différents domaines de la préservation et de l'entretien du patrimoine. Le but du programme Africa 2009 est d'améliorer à long terme les conditions pour la conservation du patrimoine culturel immobilier en Afrique subsaharienne, au sein d'un processus de développement durable, qui prend en charge la sauvegarde de l'environnement ainsi que les besoins sociaux, culturels et économiques d'une zone donnée et de la communauté qui l'habite.

Les objectifs à atteindre sont au nombre de trois:

- Création d'un cadre juridique, administratif et social au sein duquel des pratiques de conservation puissent être accomplies avec succès.

- Accroissement des compétences des agents impliqués dans la conservation du patrimoine culturel immobilier : Les décideurs, les gestionnaires, les architectes, les urbanistes, les archéologues, les artisans et les techniciens du bâtiment travaillant sur les sites du patrimoine immobilier.

- Établissement d'un réseau de communication permettant des échanges d'informations, de compétences et de savoir-faire entre les professionnels africains et ceux du reste du monde [UNESCO, 2002].

La méthodologie du projet consiste à stabiliser l'état existant, à approfondir préalablement la connaissance et les besoins actuels et enfin à élaborer un programme de conservation et d'entretien. En même temps, est prévue la mise en œuvre d'un programme de formation pour les professionnels et les techniciens du bâtiment au niveau local ainsi que pour les responsables de l'entretien des sites.

Les Projets Terra et Africa 2009 encouragent l'échange d'information et le transfert de connaissance entre ses partenaires et tous les autres acteurs concernés par la sauvegarde du patrimoine architectural en terre. Il est souhaitable que l'Algérie puisse profiter des opportunités offertes par ce projet, notamment dans le domaine de la formation, de l'échange des compétences pour la conservation de son patrimoine architectural en terre [Baloul, 2007].

c. Le projet GAIA.

Le projet GAIA, a été initié par le CRATerre/ ENAG et l'ICCROM à l'issue des recommandations de la 5^{ème} réunion internationale d'experts sur la conservation de l'architecture en terre tenue à Rome en 1987, il constitue quatre sous projets dont les objectifs sont :

- Collecte de la documentation et sa diffusion.
- Formation.
- Développement de la recherche.
- Coopération technique.

Le projet a débuté en 1989 par un premier cours pilote sur la préservation du patrimoine architectural en terre, ce dernier a permis des échanges entre experts et la mise en place d'un réseau de professionnels [CRATerre / EAG / ICCROM, 1993].

II.1.3. Projets de revalorisations de l'architecture de terre.

a. L'opération du "Domaine de la terre" à l'Isle d'Abeau en France.

L'exposition internationale du centre Georges Pompidou «Des Architectures de Terre», au début des années 1980, avait réussi à relancer le débat sur la construction en terre en France. Le projet du « Domaine de la terre » était une concrétisation de la deuxième phase de l'exposition qui cherchait à montrer la modernité de l'architecture de terre. D'où cette opération de soixante cinq logements sociaux qui fut lancée au quartier des Fougères dans la ville nouvelle de l'Isle d'Abeau près de Lyon en France [Dethier, 1986].

Les partenaires du projet sont:

- Le groupe CRATerre
- L'OPAC DE L'Isère
- L'ENTPE et le Plan Construction.

L'opération avait pour but, entre autres, de réaliser un quartier expérimental avec le matériau terre et de là, prouver sa fiabilité économique et technique, donner naissance à une filière terre organisée et vaincre les préjugés qui constituent l'obstacle psychologique empêchant toute utilisation de la terre crue dans le bâtiment [CRATerre]. Ce quartier devait être une démonstration destinée surtout aux pays du tiers monde où subsiste souvent une image défavorable à l'égard de l'architecture de terre, jugée comme primitive et incompatible avec la modernité et le progrès [Dethier, 1986].



Figure II.02: Des maisons mitoyennes en blocs de terre vibro-compactée [Kebaili, 2006].

Les logements réalisés étaient répartis sur 12 îlots de cinq à dix logements mitoyens avec des surfaces habitables qui vont de 65 à 110 m². L'habitation principale était dotée de plusieurs annexes telles que cave, buanderie, serre, loggia ou balcon et garage. Un jardin privatif complétait l'aménagement de chaque parcelle.

Les techniques de construction utilisées étaient au nombre de trois : le pisé non stabilisé, le bloc de terre stabilisé vibro-compacté (figure III.02) en maçonnerie porteuse et la terre paille non porteuse, en remplissage d'une ossature bois. Les principes bioclimatiques avaient été retenus pour la réalisation des habitations.

Cette opération de construction en terre crue est considérée jusqu'à aujourd'hui comme un réel succès vu l'intérêt qu'elle a suscité chez plusieurs organismes français et étrangers dont notamment l'Organisation des Nations Unies chargée du logement « Habitat » basé à Nairobi [Dethier, 1986].

Sur le plan psychologique, le projet a orienté, de façon concrète et décisive, le débat national, social et culturel, vers une acceptation du matériau terre crue.

Ce projet a permis de voir la réalisation d'une action concrète sur le terrain qui prouve en vraie grandeur - dans le cadre des réalités sociales et techniques, budgétaires et juridiques – le réalisme de la thèse qui dit : « qu'il existe de multiples traditions populaires et savantes de la construction en terre, dignes d'un nouvel intérêt en Occident comme dans le Tiers Monde, qu'il faut réhabiliter, revivifier et réactualiser en y associant des connaissances et des technologies nouvelles.» [Dethier, 1986].

L'enseignement de ce projet réside aussi dans l'indispensable formation professionnelle des opérateurs (architectes et entrepreneurs) en amont afin d'optimiser les conditions de réalisation et garantir un meilleur ratio entre la qualité architecturale et l'économie des coûts. L'autre enseignement concerne les lacunes de textes normatifs qui doivent être comblées pour légitimer les pratiques des opérateurs et leur offrir des garanties juridiques.

b. Le projet Filière Terre Mayotte.

Mayotte est une île française de l'archipel des îles Comores dans l'océan indien au nord-ouest de Madagascar. Le projet lancé en 1982, est en pleine activité aujourd'hui. Outre la volonté de ses initiateurs à réhabiliter la filière terre à Mayotte, il se veut un atout de développement et de création d'emploi. Ainsi la stratégie du projet est basée sur:

1. La promotion des ressources humaines et matérielles
2. La formation et l'apprentissage
3. L'instauration d'un encadrement juridique, financier et architectural.

Plusieurs réalisations ont vu le jour depuis tels que:

- Des logements sociaux ;
- Des équipements publics (écoles, collèges, lycées) ;
- Des unités d'habitation locatives ;
- Des briqueteries.

Le succès de ce projet réside dans sa stratégie, c'est une démonstration qui révèle les potentialités de l'architecture en terre à constituer un réel levier de développement économique et social.

c. L'opération de « Marrakech habitat en terre » au Maroc.

Cette opération a été engagée en 1983 en parallèle avec celle du « Domaine de la terre » dont le chantier venait de s'ouvrir.

Face à un déficit très important en logements, les pouvoirs publics marocains ont vu dans la construction en terre une alternative qui devait être explorée dans une politique de diversification de l'offre dans le domaine de l'habitat. Cette opération devait vérifier la validité de la filière terre dans le secteur organisé de la construction. Le matériau terre était reconnu officiellement comme moyen de réduction du coût du logement, cette question devait être vérifiée [CRATerre, 1987].

L'autre objectif de cette opération visait la revalorisation et l'actualisation des architectures locales par la modernisation des techniques du pisé et du thoub devenues obsolètes [Dethier, 1983]. Cet objectif devait se réaliser en deux temps

- A court terme : Surmonter les blocages psychologiques nourris de la mauvaise utilisation du matériau ce qui empêchait l'estimation de cette architecture à sa vraie valeur.
- A moyen terme : Parvenir à la pleine intégration en secteur organisé de l'architecture de terre et l'élargissement des choix devant les maîtres d'ouvrages publics en leur fournissant les bases techniques et économiques de la construction en terre [CRATerre, 1987].

Le programme concernait la réalisation de 60 logements en terre, en trois tranches distinctes de 20 logements destinés à une clientèle variée : De l'habitat semi rural à l'habitat urbain social et de standing. Les filières choisies étaient le pisé et le bloc de terre comprimée pour la réalisation de logements et d'équipements de proximité tels que Hammam et maison de jeune [CRATerre, 1987].

Sur le plan réglementaire, cette opération a pallié au vide normatif grâce à la démarche progressive (d'abord la réalisation de prototypes ensuite les produits finals). Cette démarche a offert l'avantage d'une étude approfondie sur la faisabilité technique et économique du projet.

Sur le plan de la formation et pour pallier au manque de formation des différents intervenants, tout un programme de recherche expérimental a été lancé comprenant plusieurs axes thématiques sur les planchers et toitures, la protection des surfaces et l'accessibilité et faisabilité technique et économique. Il était appuyé d'une formation intensive des architectes et du maître de l'œuvre [CRATerre, 1987].

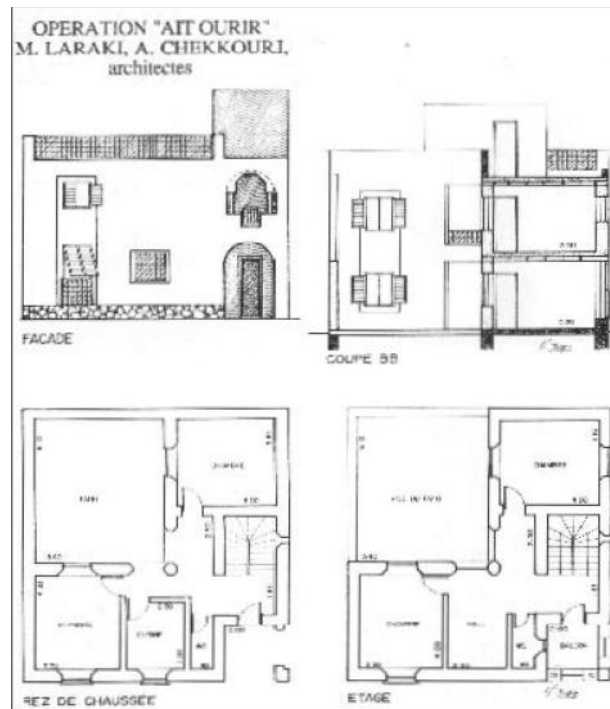


Figure II.03 : Dessins pour le projet Marrakech habitat en terre réalisé par des architectes formés à l’occasion du projet [CRATerre, 1987].

Cette expérience de Marrakech (figure II.03) est un exemple de conciliation entre la tradition par le savoir-faire local et le savoir scientifique qui cherchait à développer une technologie adaptée au contexte des pays sous développés. Les solutions techniques adoptées évitaient de renforcer le matériau terre par la multiplication des stades de production qui augmentent son coût. Elles garantissaient la qualité du bâtiment et permettaient sa protection contre les agents de dégradation [CRATerre, 1987].

À la suite de cette opération, plusieurs autres chantiers de construction en terre se sont ouverts au Maroc dont notamment l’opération nationale de construction en terre «Bni Darek», initiée par le ministère de l’habitat marocain et destinée à encourager l’auto-construction assistée en terre et l’opération de Tan Tan Plage de l’Omnium Marocain de Pêche [CRATerre, 1987]. Aujourd’hui, un institut de la construction en terre a été créé au sein de l’organisme qui a représenté le Maroc pour cette opération l’ERAC-Tensift afin de promouvoir et de développer la construction en terre au Maroc.

II.1.4. Sensibilisation pour l’architecture de terre : festivals, concours, expositions.

- **Festival Grains d’Isère.**

Les festivals à vocation culturelle ou scientifique sont innombrables à travers le monde notamment ceux abordant l’habitat, l’écologie, l’architecture, la technologie ou les arts appliqués. Parmi cette multitude d’évènements répondant à un profond besoin d’échange des savoirs et des savoir-faire, le «Festival Grains d’Isère» est parvenu à acquérir, en une décennie, une spécificité transdisciplinaire et une identité particulière.

Cette manifestation autour des architectures de terre et de la matière terre permet de prendre la mesure des progrès considérables et multiformes constatés à propos du renouveau des logiques de construction avec le plus écologique des matériaux naturels : La terre. Mais cet avenir demeure toutefois incertain, car l'usage de cette ressource abondante et économique ne profite à aucun lobby ce qui en termes de communication le maintient dans une relative marginalité.

Le festival Grains d'Isère a pour ambition de faire connaître les atouts et enjeux d'un éco-matériau dont les usages ne pourront être développés que si ses nombreux mérites, récemment validés par la science et de multiples expériences et projets-pilote, sont plébiscités par l'opinion publique et les médias. D'où l'importance de ce modeste mais fécond festival en tant que lieu dédié à cette mise en valeur.

La terre, peut et doit contribuer - pour nombre de nos futurs habitats et bâtiments - à relever divers défis sociaux, économiques et culturels liés à la crise écologique et environnementale. [Dethier, 2013].

- **Création du premier prix national des architectures en terre crue.**

L'architecture en terre crue, matériau disponible sur toute la planète, a le vent en poupe et de plus en plus de projets d'une grande qualité technique et esthétique émergent en France. Favoriser une rapide reconnaissance de ces bâtiments par la profession et le grand public exige de les faire connaître pour mettre en valeur la compétence des architectes qui les ont conçus et des artisans qui les ont réalisés. L'association AsTerre, le laboratoire CRAterre-ENSAG, les Grands Ateliers et le magazine Ecologik (EK) ont pris l'initiative de lancer le premier prix national de l'architecture en terre crue pour mettre à l'honneur ces projets et valoriser tous les acteurs de la filière : Les artisans, les entrepreneurs, les architectes ainsi que les maîtres d'ouvrage qui ont fait le choix de la terre.

Pour ce premier palmarès, la période de construction était volontairement très large, de janvier 1980 aux chantiers en cours. La valorisation des architectures en terre unit ainsi pionniers d'hier et créateurs de demain. Pour l'année 2013, la commission technique - a reçu 46 dossiers éligibles dont douze lauréats ont émergé: Le grand prix et onze trophées.

- **Exposition architecture de terre d'AsTerre.**

Cette exposition, les panoramas de l'AsTerre « construire avec la terre aujourd'hui », présente des constructions contemporaines, réalisées en France depuis 2002, par des membres de l'AsTerre, l'association nationale des professionnels de la terre crue.

Dans ces chantiers privés ou publics, la terre est employée de multiples manières dans différents systèmes constructifs, pour des murs porteurs, dans des remplissages, en parement ou en finition, sans oublier son utilisation dans les systèmes de chauffage. En effet, la terre fournit des réponses pertinentes en matière de confort et de construction écologiquement très performante.

En témoignant de réalisations effectives, ce panorama constitue un encouragement de l'AsTerre, autant envers les artisans et entrepreneurs qu'envers les architectes et les maîtres

d'ouvrage. Le rôle de l'AsTerre est de contribuer à fédérer les différents acteurs de la filière terre et à diffuser les savoir-faire.

L'exposition « Construire avec la terre aujourd'hui » présente des constructions contemporaines, réalisées en France depuis 2002, par des membres de l'AsTerre, l'Association nationale des professionnels de la terre crue.

II.2. En Algérie.

Au moment où l'architecture de terre reprend de l'intérêt dans le monde, la situation en Algérie semble au point mort. En effet, notre pays a manifesté très tôt son intérêt pour la revalorisation de l'architecture de terre mais l'échec des premières opérations qui n'ont pas réussi à surmonter l'obstacle psychologique a limité ou même réduit à néant leurs effets [Kebaili, 2006].

II.2.1. Formations et recherches faites sur le thème.

Mis à part la formation sectorielle qui répond aux besoins des entreprises. La politique d'industrialisation des années 70 a produit une coupure entre le système de formation et le système de production. Dans cette optique nous pensons que l'architecture de terre n'est pas prise en charge dans les programmes de formation des différentes catégories, à savoir la formation professionnelle et l'enseignement supérieur ou technique.

- **La formation professionnelle.**

Les premiers établissements de la formation professionnelle créés dans les années 50 enseignaient essentiellement les métiers du bâtiment. Actuellement c'est l'Institut National de la Formation Professionnelle (INFP) qui est chargé de l'élaboration des programmes de formation. Et selon le programme, la construction en terre ne fait pas partie du contenu de la formation dans les instituts et centres de formation.

Ce secteur de la formation enregistre de nombreuses difficultés dont la diminution des ressources financières. Face aux besoins en perpétuelle augmentation, la terre est utilisée comme matériau de construction pour la formation des maçons afin d'économiser sur les matériaux conventionnels.

Par exemple, dans le centre de formation professionnelle de la commune de Chahbounia (Médéa), la terre est utilisée comme un matériau de substitution au ciment qui manque souvent et l'approvisionnement en brique n'est pas assuré. La terre, soigneusement choisie, est ajoutée au sable pour préparer le mortier de pose et l'enduit. Ainsi le matériau terre recyclable à l'infini, est utilisé pour simuler les méthodes conventionnelles de construction [Kebaili, 2006].

- **L'enseignement technique.**

Le rapport de synthèse de la réunion internationale sur l'enseignement de l'architecture de terre, évoque les tentatives d'enseignement universitaire dans les centres algériens

[CRATerre-EAG, 2001]. Il pourrait s'agir de cours spécifiques, ou d'ateliers spéciaux ou bien de tentatives individuelles.

D'une façon générale, l'enseignement de l'architecture est orienté vers les technologies de pointe et néglige les solutions locales et améliorées [Zeouala, 1990] dont les techniques de la construction en terre. Selon le programme officiel à l'Ecole Polytechnique d'Architecture et d'Urbanisme (EPAU) d'Alger qui propose un programme riche et varié, les étudiants ne bénéficient d'aucun cours sur l'architecture de terre durant les 4920 heures de formation.

Mais, durant ces dernières années, on a remarqué un intérêt pour cette architecture dans les différentes universités en Algérie, qui est concrétisé par des mémoires de magister.

- **La formation sectorielle.**

Jusqu'à présent, la formation dispensée par le CNERIB (seul organisme à offrir cette formation en Algérie) 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 pour le BTS uniquement. Bien qu'elle reste indispensable et intéressante, cette formation, ne peut être considérée comme une sensibilisation sur l'architecture de terre car les aspects pouvant aider à la créativité, aux constructions locales, aux techniques traditionnelles et à l'histoire de cette architecture sont omises du programme.

- **La recherche.**

Depuis sa création en 1982 et pour remplir sa mission d'études et de recherche intégrée du bâtiment [Décret 87-234], le CNERIB s'est lancé sur l'étude des matériaux locaux, et l'habitat économique [Olivier, 1988].

Actuellement et dans le cadre de coopération scientifique et technique avec ses partenaires étrangers, le centre s'est orienté vers la mise en œuvre de technologies appropriées en matériaux locaux qui vise à "développer et à élargir les applications des matériaux locaux, affiner l'application de ces matériaux aux contextes physiques sociaux et économiques et enfin, définir et adapter les méthodes de production de ces matériaux suivant les contextes. Ces objectifs seront atteints à travers plusieurs actions entre autres, la formation à tous les niveaux et la divulgation de l'information" [CNERIB, 1992].

Jusqu'à présent, deux axes de recherche ont été développés au CNERIB dans le but de garantir les matériaux et les structures en terre :

- La connaissance du matériau;
- L'utilisation de la terre dans la construction [Olivier, 1988].

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 connus et utilisées en Algérie. Pour le second axe, les études architecturales ne sont pas encore menées, elles concernent les formes architecturales générales afin de proposer les solutions compatibles avec les modes de vie des utilisateurs. Les solutions techniques pour

les détails architecturaux et enfin la résistance et la tenue dans le temps des structures en terre [Olivier, 1988].

Deux techniques de construction ont pu être conçues jusque-là. Le procédé de construction en terre stabilisée par confinement et renforcement [Slitane, 1994] inspiré des traditions de l'Europe du Nord. Un autre procédé, inspire du modèle de construction en poteau poutre en béton armé, était réalisé dans le cadre d'une collaboration entre le bureau national de consulting libyen BNC et le bureau d'étude algérien BEREP. Il devait servir de modèle pour la réalisation d'un programme de cent milles logements ruraux auto-construits dans le sud de la Libye [Djeraba et al, 1991]. Nous pouvons remarquer que les deux techniques ont écarté les modèles traditionnels locaux qui pouvaient être d'un soutien précieux comme source d'inspiration ou comme modèle à moderniser [Kebaili, 2006].

II.2.2. Projets de revalorisations de l'architecture de terre.

Le CNERIB mène ces recherches sur l'architecture de terre depuis plus de vingt ans. Plusieurs projets ont pu voir le jour tel que le montre le tableau II.01.

Tableau II.01: Les opérations de construction en terre en Algérie [Kebaili, 2006].

Année	Réalisations
1969	136 logements en pisé au village agricole de Bouhlilet à Batna.
1971	groupe expérimental d'habitations rurales à Zéralda par une équipe franco-belge.
1973	30 des 300 logements en pisé du village de Moustafa ben Brahim près de SBA.
1975	le village de Abadla selon le procédé de la terre remplissante.
1976	100 logements du village agricole de Felliache à Biskra en thoub.
1980	120 logements du village agricole de Madher à Boussaâda en BTS.
1981	40 logements à Chérâga près d'Alger en blocs de terre comprimée.
1984	un prototype bioclimatique à Tamanrasset en blocs de terre comprimée.
1984	un prototype au CNERIB en blocs de terre comprimée.
1986	10 logements à Adrar en blocs de terre comprimée.
1986	10 logements à Reggane en blocs de terre comprimée.
1994	24 logements à Tamanrasset par l'OPGI en blocs de terre comprimée.
1994	44 logements par l'ETR de Tamanrasset en blocs de terre comprimée.
1998	un prototype en pisé au CNERIB.

Sur le plan des pratiques traditionnelles, la construction en terre est pratiquée dans de nombreuses régions du pays. Selon le rapport du CNERIB, l'Algérie compte plusieurs techniques se distinguant par leurs procédés de production [CNERIB, 2000]. Jusque-là nous n'avons pas encore rencontré d'études spécifiques sur les techniques pratiquées en Algérie. L'ouvrage d'Odul [1983] ne présente que quelques exemples et ne s'étale pas sur l'ensemble des procédés traditionnels algériens.

- **L'expérience de Madher.**

Madher est un village expérimental initialement pastoral près de Boussaâda (wilaya de M'Sila) à 248 km au sud d'Alger. Il a été bâti dans le cadre de la grande opération des 1000 villages agricoles de la révolution agraire pour stopper l'exode vers les grandes villes [Arkoun, 1982]. Il constitue la première tentative de construction qui n'utilise que des matériaux locaux à grande échelle. [Noweir, 1983]

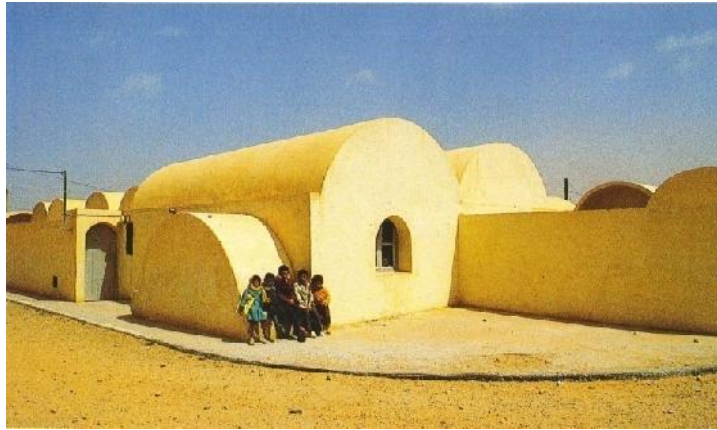


Figure II.04: Village Madher [Noweir, 1983].

Le projet conçu par le bureau d'étude GEH (Groupe d'Etude de l'Habitat) de Biskra dirigé par les frères El Miniyawi, Mistikawi et Diab [Noweir, 1983] des disciples de Hassan Fathy [Dethier, 1986], comportait initialement 268 maisons groupées autour d'équipements tels que le marché, le hammam, la mosquée et les locaux de commerce. Moins de la moitié du village a été réalisé (Figure II.4).

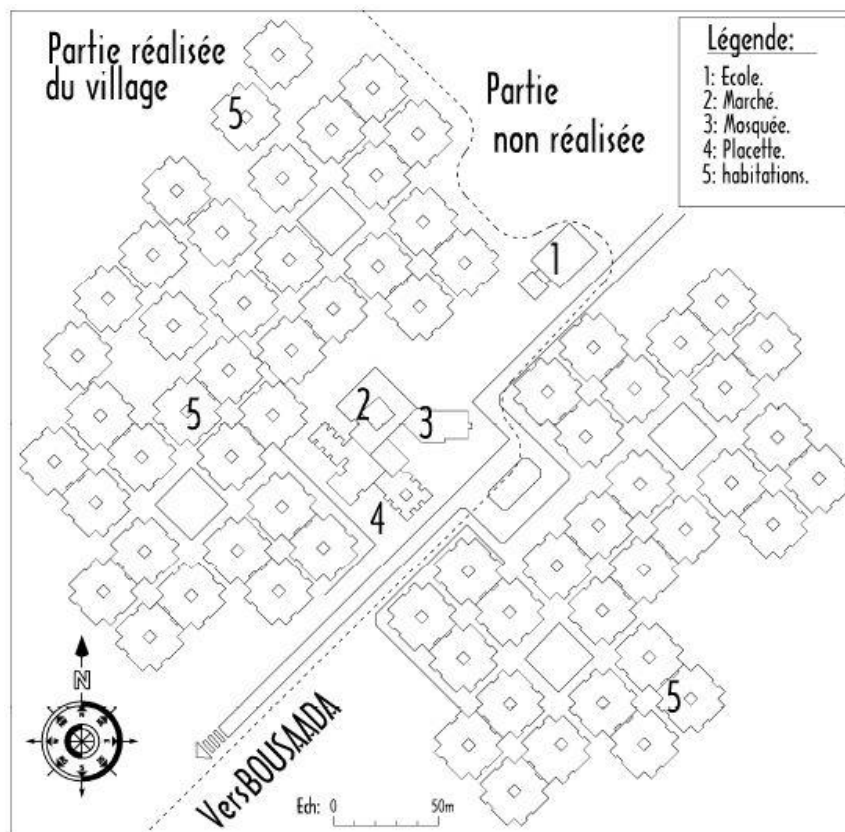


Figure II.05: Plan initial du village de Madher [Kebaili, 2006].

Les travaux étaient exécutés entre 1975 et 1980. Ils ont été entamés par l'entreprise de réalisation privée Hadj Djeridane de Laghouat qui a réalisé les fondations, ensuite des entreprises communales des communes de Boussaâda, Sidi Amer, Ediss et Ben Serour ont pris le relais pour le reste à réaliser [Kebaili, 2006]. Les habitants du village ont participé dans les travaux comme ouvriers employés par les entreprises de réalisation. Un bureau annexe de l'Institut National d'Etude et de Recherche en Bâtiment (INERBA) a été ouvert temporairement pour établir le dosage à utiliser en terre et en ciment pour la fabrication des blocs de BTS [Noweir, 1983]. La réalisation du village s'est accomplie en adoptant un système constructif basé sur les blocs de terre stabilisée au ciment. Cette technique de construction a permis de former 10 maçons. Les maisons sont construites en murs porteurs surmontés de voûtes cylindriques et enduites au plâtre [archnet.org].

Le village est conçu selon le modèle urbain, l'unité de base du village est un groupe de quatre maisons. L'îlot a été obtenu par rotation du plan de l'unité d'habitation d'un angle de 90° autour d'une cour commune de 4 m par 4 m (Figure II.06).

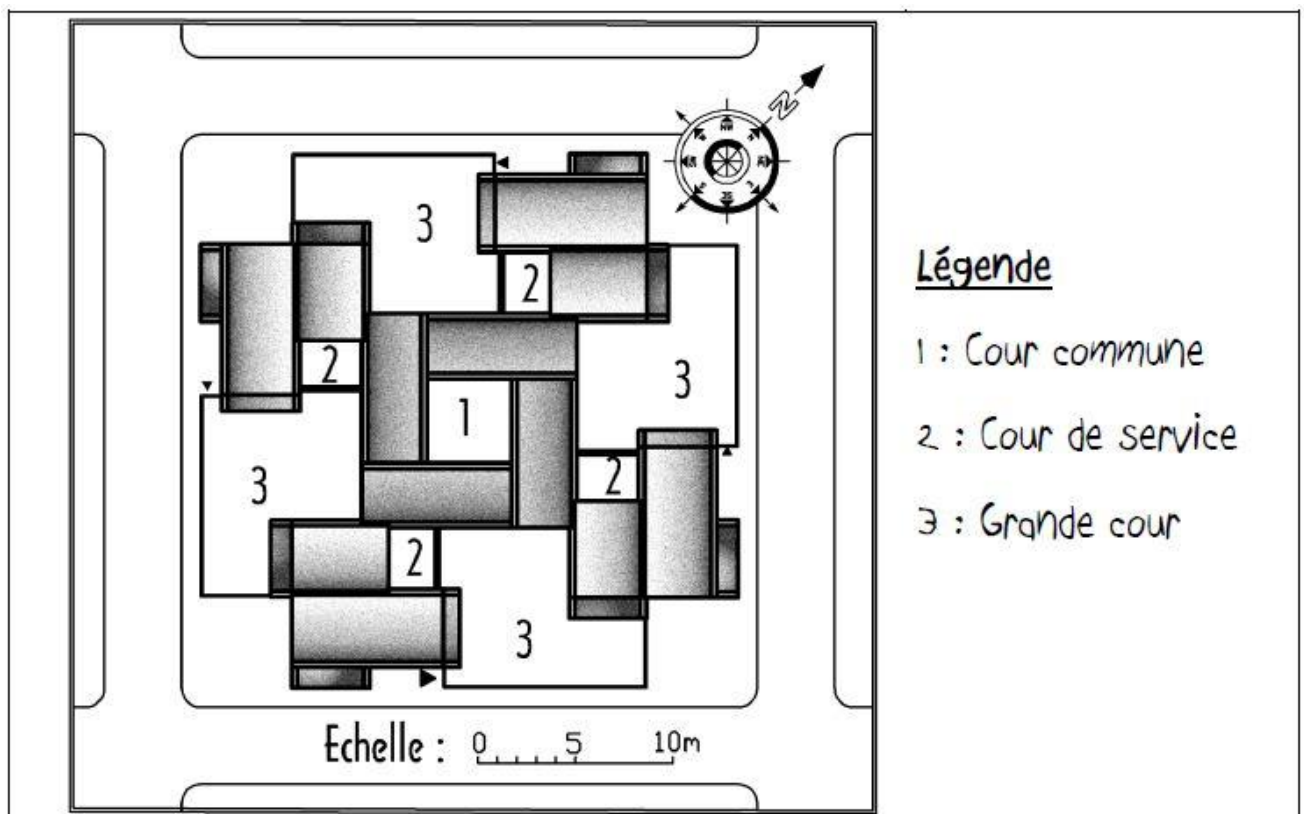


Figure II.06: Plan de masse d'un îlot du village de Madher [Kebaili, 2006].

Les cuisines (Figure II.07 et II.08) sont ouvertes vers cet espace commun entre les habitations pour permettre aux femmes de communiquer entre elles. Chaque habitation est organisée autour d'une cour privée pour préserver le caractère introverti de la vie familiale traditionnelle.

La juxtaposition des unités a permis de créer des espaces urbains qui peuvent accueillir du commerce et favoriser la rencontre.

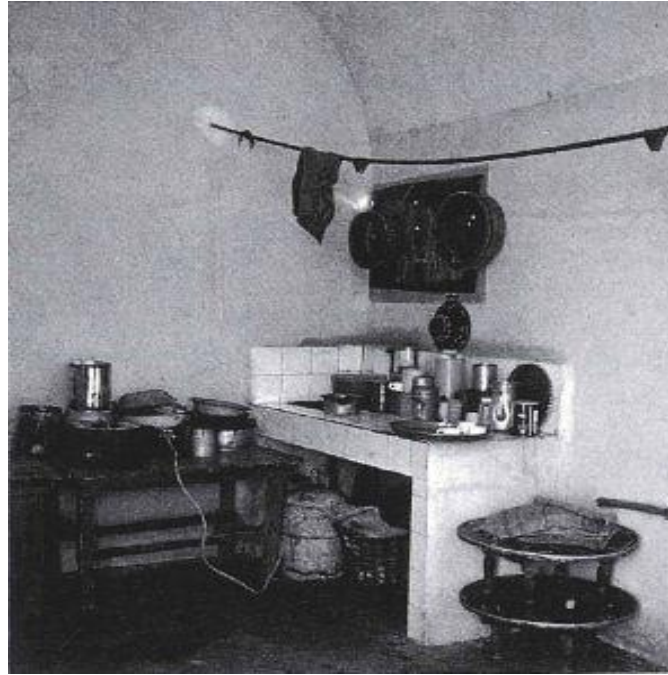


Figure II.07: L'intérieur d'une cuisine [Noweir, 1983].

Nous pouvons remarquer que l'élaboration des plans n'a pas fait référence à la construction traditionnelle. Les principes d'implantation ne sont pas les mêmes utilisés dans la campagne et la voûte représente un élément étranger à la maison de campagne traditionnelle [Kebaili, 2006].

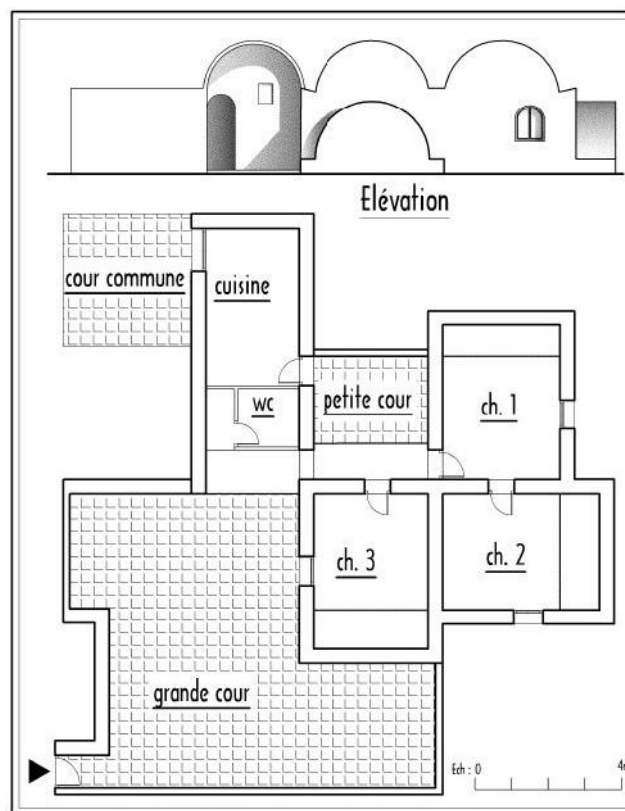


Figure II.08: Plan type d'une habitation à Madher [Kebaili, 2006].

II.2.3. Tentatives de restauration et de réhabilitation des édifices en terre.

Depuis que les ksour sont consacrés patrimoine [Loi 98-04], la restauration de ces ksour s'inscrit dans la perspective de la valorisation historique et culturelle de ces espaces, mais aussi dans une vision de développement touristique intégré et durable.

Chaque année un budget spécial est consacré par le ministère de la culture pour la restauration ou la réhabilitation de ces espaces, mais certaines opérations de restauration ou de réhabilitation tels que Tamentit à Adrar et Dar El Djemaa à Timimoun ont connu des maladroites constatées de prime abord, notamment l'utilisation du béton et du ciment incompatibles avec la terre. Pour le cas de Tamentit, site classé patrimoine national, nous avons constaté de visu l'utilisation du ciment et ses dérivés dans la restauration de la mosquée, dont le minaret actuellement semble narguer les humbles demeures en terre. Pour Dar El Djemaa, la consultation du cahier des charges pour sa réhabilitation, dont le maître de l'ouvrage est l'association de Taghit, et le maître d'œuvre l'UNESCO, on a constaté notamment pour la confection des enduits, l'utilisation d'un mortier de ciment dosé à 500kg [Baloul, 2007].

II.1.4. Réhabilitation de l'image de l'architecture de terre : festivals, concours, expositions.

- L'organisation d'expositions.

En 2009, le Ministère de la Culture organisait une première exposition dédiée à la promotion des architectures de terre. Inscrite au programme du festival culturel panafricain, cette première exposition destinée au grand public s'intitulait «Terres d'Afrique et d'ailleurs».

En 2011, une nouvelle exposition sur le même thème se voyait inscrite au programme de la manifestation culturelle «Tlemcen capitale de la culture islamique » et présentée à Tlemcen dans ce cadre. Reprogrammée à Alger en 2012, « De terre et d'argile » rencontrait un franc succès populaire en atteignant des chiffres record de 3 500 visiteurs par jour [Terki, 2013].



Figure II.09: Exposition « de terre et d'argile »

Cette exposition était dédiée aux architectures de terre. Elle a mis en évidence l'universalité de ces architectures, leur diversité ainsi que leur capacité à répondre aux normes les plus modernes de confort, d'habitabilité et de durabilité.

Elle a pour principal objectif de faire découvrir les architectures de terre au grand public, afin de le sensibiliser à l'importance du patrimoine algérien bâti en terre et à la nécessité de le préserver.

- **L'institutionnalisation du festival Archi'Terre.**

Après avoir organisé, en 2010, une semaine de promotion des architectures de terre, destinée à la sensibilisation des futurs acteurs de la préservation du patrimoine et de la construction aux avantages économiques, écologiques et socioculturels de ces architectures, le Ministère de la Culture a pérennisé cet événement en institutionnalisant le festival culturel international de promotion des architectures de terre, «Archi'Terre», qui vise essentiellement:

- D'une part, la promotion du patrimoine architectural algérien bâti en terre et la sensibilisation des futurs acteurs de la préservation à l'importance et au bien fondé de sa sauvegarde

- D'autre part, la promotion et l'encouragement des futurs acteurs de la construction à la production d'architectures contemporaines durables bâties en terre [Terki, 2013].



Figure II.10: Archi'Terre 2014

Ce festival offre ainsi chaque année, l'opportunité d'œuvrer à la réhabilitation de l'image des architectures de terre à travers la sensibilisation de quelques 600 étudiants, parmi lesquels 120 étudiants en architecture et en génie civil qu'il permet de faire venir de tous les départements d'architecture du pays qui sont au nombre de dix-huit et des départements de génie civil des mêmes universités.

- **La création du CAP Terre.**

Afin d'assurer une assise solide et durable à sa stratégie de promotion des architectures de terre, le Ministère de la Culture a décidé de créer une institution qui en serait chargée.

C'est ainsi que le Centre algérien du patrimoine culturel bâti en terre, CAP Terre, établissement public à caractère administratif à rayonnement national, est né par décret exécutif n° 12-79 du 19 Rabie El Aouel 1433, correspondant au 12 février 2012.

Chargé d'assurer la promotion et la valorisation du patrimoine culturel bâti en terre, avec pour objectif de parvenir à assurer une sauvegarde durable de cette part majeure du patrimoine national à travers la réhabilitation de l'image des architectures de terre, ce centre est établi à l'oasis rouge, monument historique bâti en terre et situé dans la commune de Timimoun, wilaya d'Adrar.



Figure II.11: Façade de l'hôtel "oasis rouge" à Timimoun [Baloul, 2007]

Ces activités, essentiellement basées sur des missions de recherche, de sensibilisation, de formation, d'éducation, de documentation, d'information et d'assistance technique, débiteront au courant de l'année 2013.

En 2014, lors de la troisième édition d'Archi'Terre, les membres de CRATerre ont annoncé que CAP Terre fait officiellement partie de la chaire UNESCO Architecture de terre, faisant de lui le 38^{ème} partenaire mondiale, et le 14^{ème} au niveau africain.

II.3. Conclusion.

Les expériences menées à travers le monde ont montré que les avancées techniques réalisées dans le domaine de la construction en terre ont permis d'atteindre des niveaux technologiques qui rivalisent avec les procédés de productions des matériaux les plus élaborés [Houben et al, 2006].

Aujourd'hui, il n'est plus question d'évoquer les obstacles d'ordre techniques liés au matériau ou bien aux procédés de productions, pour s'opposer aux projets de revalorisation de l'architecture de terre. Cependant, l'architecture de terre pose le problème de la perte du savoir-faire, de "ces règles qui sont négligées, oubliées ou encore mal interprétées et donc très souvent mal appliquées" [Houben et Doat, 1986], de nouvelles techniques de construction se sont épanouies, une modification en profondeur des structures économiques dans lesquelles s'exerce l'acte de bâtir s'est amorcé. Les nouveaux matériaux sont manufacturés et homogènes, les techniques constructives sont réglementées, ce qui a consacré les nouveaux savoir-faire et amorcé la disparition de la majorité des mises en oeuvre traditionnelles locales dont celles de la terre crue [Coignet, 2003].

Pour le cas de l'Algérie, c'est l'idée de progrès qui rejette tout ce qui est ancien ou traditionnel [Coignet, 2003]. Les actions de revalorisation de l'architecture de terre se heurtent à de nombreux obstacles [Dethier, 1986] d'ordre psychologique, économique, et réglementaire. En effet, notre pays a manifesté très tôt son intérêt pour la revalorisation de l'architecture de terre mais l'échec des premières opérations qui n'ont pas réussi à surmonter l'obstacle psychologique a limité leurs effets. Les programmes de développement ne sont pas tentés par les avantages que représente l'architecture de terre.

Néanmoins, l'architecture de terre connaît un regain d'intérêt dans le cadre de la recherche scientifique, et les journées d'études organisées par l'école polytechnique d'architecture et d'urbanisme d'Alger, sous l'égide du ministère de la culture est une bonne initiative qui ouvre de nouvelles perspectives pour la revalorisation de ces architectures jusque-là négligées et oubliées.

Problématiques et Axes de recherches.

Problématiques.

Choix du cas d'étude.

Hypothèses.

Objectifs.

Méthodologie de la recherche.

Problématiques.

L'architecture de terre est un héritage important qui témoigne : la créativité des générations anciennes, leurs savoirs et savoirs faire, leurs sens du détail et les procédés pour assurer le confort et leurs modes d'aménagement des territoires extérieurs ainsi que des espaces intérieurs. Cette architecture est aussi connue par sa capacité à garder une forte liaison avec les contextes naturels, sociaux et même culturelles d'une région et sa société.

Du point de vue patrimonial, la valeur du patrimoine matériel est représentée par le matériau lui-même et ses vestiges du passé qui sont encore présents et qui prouvent que c'était un matériau de construction très adopté par différentes populations dans différents coins du monde et qui continue à l'être en étant utilisée dans certaines régions rurales de façon native.

Quant à sa valeur patrimoniale immatérielle, il est symbolisée par le savoir-faire et l'utilisation de ce matériau, qui lui donne une esthétique plutôt moderne par rapport à son époque, et une parfaite intégration dans le paysage. Une valeur historique est aussi présente dans le rapport de cette architecture avec l'histoire locale d'un peuple ou d'une société.

Le centre du patrimoine mondial de l'UNESCO qui est considéré comme le premier acteur du patrimoine mondial, a élaboré un *programme du patrimoine mondial pour l'architecture de terre (WHEAP)*, lancé en 2007, son rôle consiste à l'amélioration de l'état de conservation et de gestion des sites architecturaux en terre à travers le monde.

La gestion du patrimoine est une tâche complexe, elle fait appel à une multitude de disciplines et d'acteurs tels qu'architectes, urbanistes, géographes, conservateurs, restaurateurs, ingénieurs, législateurs, etc. Ainsi, selon qu'il s'agisse de conservation, de restauration ou de valorisation, la gestion du patrimoine est prise en charge par différents acteurs ; (secteur public, privé, professionnels etc.) et différentes structures (les musées, les archives, et autres structures qui œuvrent dans le domaine.) [Syndicat mixte du sud Toulousain, 2006].

La réutilisation du matériau terre dans l'architecture est une autre forme de préserver ce patrimoine et de le faire perdurer. Pour le cas algérien, le centre national d'études et de recherches intégrées du bâtiment (CNERIB) a piloté plusieurs constructions en terre -avec différentes techniques- dans des programmes nationaux.

L'amélioration du matériau terre et l'intégration de nouvelles techniques de construction, peut redonner une vie à l'architecture de terre. D'autres aspects ne peuvent pas être reproduits, vu que le mode de vie a changé et les exigences de la vie contemporaine ne cessent d'évoluer. D'où la problématique suivante prend place :

- **L'architecture de terre peut elle s'adapter aux exigences contemporaines en Algérie ?**

En 1970, le gouvernement algérien a lancé un programme pour la construction de 1000 villages agricoles, représentant environ 200000 logements à caractère social, destinés à la population agricole.

En 1973, on a mis le point sur l'intérêt de l'utilisation des matériaux locaux lors du premier congrès sur l'habitat rural en Algérie d'où vient l'idée de l'utilisation de la terre stabilisée dans la construction.

D'après Odul [1983] le but de ces constructions était :

- Vaincre le blocage psychologique et faire accepter le matériau afin de généraliser son utilisation.
- L'ouverture de chantier renforcé en mains d'œuvre non qualifiées.
- Réduire au minimum l'utilisation du ciment.

Dans la même année (1973) les « Chantiers Populaires de la Révolution Agraire », entreprise nationale de construction du Ministère de l'Agriculture a réalisé le premier village pilote de construction en terre pour les mille villages agricoles lancés en 1970, ce village était Mostefa Ben Brahim, à 30km de Sidi Bel Abbès, il était composé de 192 maisons de 85 m² en blocs creux de ciment et 30 maisons de 120 m² en pisé stabilisé.

Même si la tentative du village Mostefa Ben Brahim fut un échec pour des raisons politiques et psychologiques (à développer dans un autre chapitre), la problématique suivante peut toujours prendre une place :

Les nouvelles constructions en terres en Algérie ont-elles un étendu ou un écho sur l'architecture de terre ? D'une autre manière ; Est-ce que les nouvelles constructions en terre sont plus modernisées, plus adéquates pour la vie contemporaine que les anciennes ?

Pour répondre à notre problématique une étude comparative approfondie entre les nouvelles constructions en terre et les anciennes s'impose.

Hypothèses.

Pour répondre à la problématique, on peut émettre deux principales hypothèses, notre première hypothèse est que les constructions en terre en Algérie sont généralement synonymes de régression et de pauvreté, et le matériau terre s'identifie à la saleté et à la fragilité, et c'est la principale raison pour laquelle ces constructions n'ont pas pu s'adapter à la vie contemporaine incarnée par le développement, la richesse et la force. Et pour que cette architecture réponde aux exigences contemporaines, elle doit être mieux réfléchie sous différents angles et à tous les niveaux, pas seulement celui du matériau et de son amélioration.

La deuxième hypothèse que nous allons vérifier suppose que les nouvelles constructions en terre sont plus résistantes (vu que le matériau est amélioré) ce qui leur procurera une meilleure durabilité, plus adéquate à la vie moderne aux exigences contemporaines.

Objectifs.

- Connaissance de la situation actuelle de l'architecture de terre en Algérie, et les efforts consentis de l'état pour son amélioration.
- Etat des constructions en terre réalisées avec un matériau amélioré grâce à la volonté politique de l'Etat.
- Présentation du patrimoine architecturale en terre dans la région de Maatkas et l'état des auto-constructions en terre.
- Comparaison entre les auto-constructions et les constructions étatiques du point de vue technique, architectural et social pour connaître l'apport de ces dernières sur l'architecture de terre en Algérie.

Méthodologie de la recherche.

Compte tenu des objectifs majeurs de cette recherche déjà fixés, nous avons structuré notre travail en deux principales parties : l'une théorique qui a précédé la partie pratique relative au travail sur terrain et au laboratoire.

a. Partie théorique :

Cette partie consista à confectionner un fond documentaire, objet d'un soubassement théorique qui facilita la compréhension des différents éléments de recherche relatif au sujet traité. Ce fond documentaire s'est composé de :

- Recherches bibliographiques traitant du patrimoine architectural en terre, de la construction en terre et de l'habitat traditionnel kabyle. Ouvrages, mémoires et articles sont exploités pour maîtriser les deux concepts.

b. Partie technique et pratique :

Cette partie comportera des recherches techniques sur la composition, le dosage, les techniques constructives de l'architecture en terre et des possibilités d'amélioration de leurs performances.

Et la partie pratique nous permettra d'obtenir des informations de base pour lesquels l'application d'un traitement (analyses et interprétations) contribuera à vérifier nos hypothèses. Cette partie comporte elle-même plusieurs onglets de natures différentes :

- L'observation et l'enquête par entretien : D'après Quivy et Campenhoudt [1995]: « *La méthode de l'entretien suivie d'une analyse de contenu, est certainement la plus utilisée en parallèle avec les méthodes d'observation. Leurs complémentarités permet en effet d'effectuer un travail d'investigation en profondeur qui [...] présente un degré de validité satisfaisant* », le choix de ces deux méthodes associés nous offrira l'opportunité de se rapprocher des habitants pour vérifier nos hypothèses.

Quant à l'observation, elle nous permettra de relever de façon systématique les désordres pathologiques dans les habitations afin de tirer les éléments objectifs pour connaître l'état actuel de ces constructions.

Pour l'enquête, nous avons choisi l'enquête par entretien centré, qui se déroulera dans un cadre relativement souple, au tant qu'enquêteur nous ne poserons pas de questions précises pour laisser le champ ouvert à l'interviewé. Le but de cet entretien est de pouvoir analyser l'impact de cette architecture sur ceux qui y habitent.

- Les travaux et les documents graphiques : des relevés métriques et d'architecture des espaces habités (état des lieux) sont des instruments indispensables pour connaître et comprendre le cas d'étude et ses transformations durant le temps.
- Les détails techniques concernant le matériau : son origine, son dosage, sa préparation et sa mise en œuvre en citant les techniques de construction, sont des instruments nécessaires pour définir les qualités et les insuffisances du matériau.
- Etude au laboratoire du matériau: Les essais au laboratoire sont importants afin de mesurer la durabilité du matériau et connaître ses différentes caractéristiques techniques.

DEUXIEME PARTIE TECHNIQUE ET PRATIQUE

Chapitre III

**Présentation du matériau terre et de la
technique du pisé.**

Chapitre IV

**Présentation du premier cas d'étude réalisé par
le CNERIB avec un matériau amélioré le pisé
(Village Mostefa Ben Brahim, Sidi Bel Abbes)**

Chapitre V

**Deuxième cas d'étude : Auto-constructions
réalisés avec un matériau local selon la
technique du pisé (Village Mâatkas, Tizi Ouzou)**

Chapitre VI

Caractérisation du matériau

Chapitre III : Présentation du matériau terre et de la technique du pisé.

III.1. La construction en terre.

III.2. Le pisé.

III.3. Conclusion

La construction en terre recèle de nombreuses caractéristiques, grâce aux qualités inhérentes au matériau. Les constructions sont en effet, résistantes au feu, elles régulent la température et l'humidité à l'intérieur des espaces et sont aussi durables que ceux réalisées en béton. Mais évidemment, il est nécessaire de respecter les règles essentielles de l'art de bâtir en terre crue afin de garantir les œuvres, car dans le cas contraire les constructions deviennent l'objet de graves pathologies et peuvent présenter un état du bâti (fissurations, humidité etc.) qui menace à terme, d'effondrement les constructions. Ces désordres pathologiques des constructions sont souvent les éléments les plus perceptibles par la population et fournissent les meilleurs arguments aux détracteurs des projets en terre crue.

Ce chapitre montre que l'aspect technique de l'architecture de terre est relativement connu par les scientifiques. Il fait le point sur l'état de l'art en matière de l'architecture de terre et présente quelques opérations de revalorisation de l'architecture de terre crue dans le monde. Afin d'évaluer la situation de l'architecture de terre, il fait la lumière sur la réglementation en vigueur et la formation en architecture de terre.

Nous avons jugé utile de commencer ce chapitre par les procédés constructifs en terre crue qui témoignent de la richesse de l'architecture de terre et qui offrent des formes très variées et adaptables à tout type de plans traditionnels ou modernes.

Dans la deuxième partie de ce chapitre, nous allons évoqué le pisé puisqu'il c'est la technique de construction de nos deux cas d'étude, le choix a été porté sur ce matériau précisément pour ces raisons :

- Premièrement, à part les avantages communs du matériau terre crue, le pisé, grâce à sa grande épaisseur, nous offre une grande inertie thermique et une régulation de l'humidité intérieur de la maison, il permet une nette diminution de l'impact tant financier qu'environnemental de la construction grâce aux économies d'énergie (voir annexe A). Le pisé offre aussi une grande résistance aux incendies.

- Deuxièmement, les connaissances accumulées au fil des ans sur la culture du pisé ont été plus récemment remises en perspective avec les évolutions modernes et contemporaines, ayant abouti à une nouvelle synthèse sur l'histoire et l'évolution de cette technique. Cette synthèse a analysé l'impact de la technique et des modes de mise en œuvre sur la conception et la construction des ouvrages et exposé les tendances les plus récentes d'évolution de la technique vers la préfabrication d'éléments de murs en pisé en atelier ou sur chantier, ou encore vers de nouveaux pisé de terre « coulé », une tendance qui préfigure certainement un nouvel avenir « viable » de la technique. Une première mise en forme de cette recherche a été produite : [Guillaud, 2005].

- Troisièmement, l'existence d'un patrimoine local en pisé complètement ignoré, le village traditionnel kabyle "Mâatkas" que nous allons présenter dans le cinquième chapitre.

III.1. La construction en terre.

III.1.1. le matériau : Avantages et inconvénients.

a. Granulométrie.

La première chose à connaître sur la terre, c'est sa composition granulaire, cette dernière influe sur les propriétés, car chaque fraction de grains a des caractéristiques propres qui peuvent définir celles de la terre, si celle-ci en contient en quantité suffisante.

10% d'argile suffisent à donner une propriété de cohésion et de plasticité à la terre.

40 à 50% de fines particules argileuses donnent une terre qui a les propriétés d'une argile.

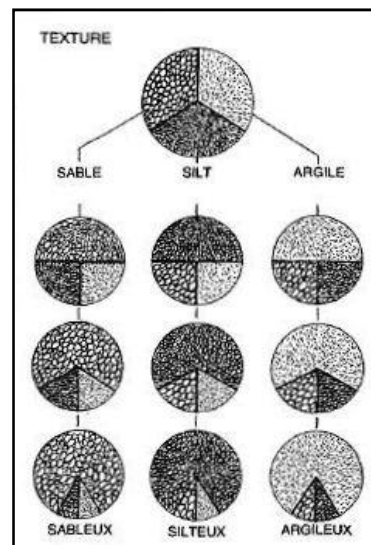


Figure III.01: Texture de la terre [Houben et Guillaud, 1995].

On distingue cinq grands types de textures :

- **Terre organique** contient un pourcentage élevé de matières organiques (la tourbe, par exemple).
- **Terre graveleuse** avec une prédominance de graviers et cailloux, elle a l'apparence d'un béton.
- **Terre sableuse** avec une prédominance de sables, elle a une apparence d'un mortier.
- **Terre silteuse**, c'est une terre fine peu cohésive et d'aspects soyeux où les limons dominent.
- **Terre argileuse** à prédominance d'argile, elle est très cohésive, collante et modelable à l'état humide.

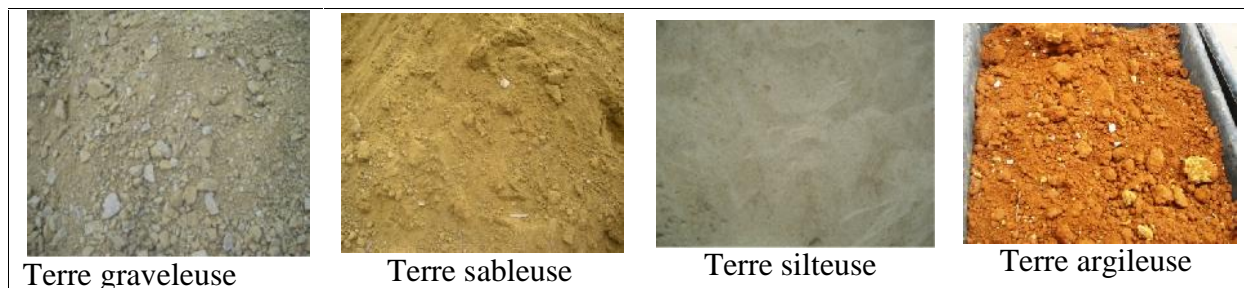


Figure III.02: Différents types de terre [Auteur].

b. Propriétés de la terre:

Selon Houben et Guillaud [1995], l'étude exhaustive des propriétés de la terre n'est pas toujours nécessaire, il convient surtout de connaître quelques propriétés fondamentales qui sont :

- **Granularité.**

Ou texture de la terre qui représente la quantité centésimale en fractions des différents grains, mesurée en pourcentages.

La texture d'une terre se mesure par analyse granulométrique pour les fractions de grains grossiers : cailloux, graviers, sables, limons. Et par sédimentométrie pour les fines particules argileuses. La classification des fractions de grains adoptée par un grand nombre de laboratoires est la suivante :

Tableau III.01. Classification des fractions de grains

>V	Cailloux	200 mm -20 mm
V	Graviers	20 mm -2 mm
IV	Sables grossiers	2 mm -0,2 mm
III	Sables fins	0.2 mm-0,06 mm
II	Silts	0,06 mm -0,02 mm
IIA	Silts fins	0,02 mm -0,002 mm
I	Argiles	0,002 mm -0 mm

La représentation de la granularité d'une terre est une courbe granulométrique portée sur un diagramme.

- **Plasticité.**

C'est l'aptitude de la terre à être modelée. Elle définit la propriété de la terre à subir des déformations sans réaction élastique notable caractérisée par une fissuration ou une pulvérisation.

La plasticité d'une terre ainsi que les limites entre différents états de consistance sont déterminées par les mesures des limites d'Atterberg.

Elles s'effectuent sur la fraction « mortier fin » de la terre (ϕ des particules $< 0,4\text{mm}$). La quantité d'eau, exprimée en pourcentage, qui correspond à la limite de transition entre l'état de consistance fluide et l'état plastique est nommée **Limite de liquidité (Li)**. Entre l'état plastique et l'état solide, la transition est nommée **Limite de plasticité (Lp)**.

A **Li**, le sol commence à manifester une certaine résistance au cisaillement. A **Lp**, la terre cesse d'être plastique et devient cassante.

L'indice de plasticité (**Ip**) égal à **Li - Lp**, précise la plage du comportement plastique de la terre.

La combinaison de **Li** et **Lp** précise la sensibilité de la terre aux variations d'humidité. Les propriétés plastiques d'une terre sont représentées sur un diagramme de plasticité.

- **Compressibilité**

C'est la potentialité de la terre de réduire au maximum sa porosité. La compressibilité d'une terre définit son aptitude à se laisser comprimer au maximum pour une énergie de compactage et un taux d'humidité donnés (teneur en eau optimale ou T.E.O). Lorsqu'un volume de terre est soumis à l'action d'une force, le matériau est comprimé et l'indice des vides décroît.

Plus la densité d'une terre peut être augmentée, plus sa porosité est bloquée et moins l'eau peut avoir l'occasion d'y pénétrer. Cette propriété résulte de l'imbrication plus étroite des particules qui réduit les risques de perturbations de la structure sous l'action de l'eau.

La compressibilité d'une terre est mesurée par l'Essai Proctor. On pourra le représenter dans un diagramme de compressibilité où sont mis en relation la Teneur en Eau Optimale et la Densité Sèche Optimale, pour une énergie de compression donnée.

- **Cohésion.**

C'est la propriété des particules de la terre à rester associées, elle exprime la capacité de ces particules à se maintenir ensemble lorsque l'on exerce sur le matériau une contrainte de traction. La cohésion d'une terre dépend des caractéristiques de collage ou de cimentation de son mortier grossier (fraction de grains de $\phi < 2\text{mm}$) qui lie les grains inertes entre eux.

Cette propriété est donc tributaire de la quantité et de la qualité collante des argiles. On peut classer les mortiers grossiers de la façon suivante :

- A Mortier sableux
- B Mortier maigre
- C Mortier moyen
- D Mortier gras
- E Argiles

La cohésion d'une terre se mesure par l'essai de traction à l'état humide ou encore dénommé l'essai du "8" et elle est représentée sur un diagramme de résistance à la traction.

III.1.2. les procédés techniques.

L'une des caractéristiques principales des constructions en terre est la diversité de ses techniques de mise en œuvre, qui traduisent l'identité des lieux ainsi que leurs cultures. Elles sont globalement répertoriées selon douze procédés, classés en trois grandes familles [Jeannet et al, 1997], à savoir :

- Les murs appareillés (briques de terre crue, adobe);
- Les murs monolithiques (pisé, bauge...);
- Les murs mixtes (terre paille, torchis).

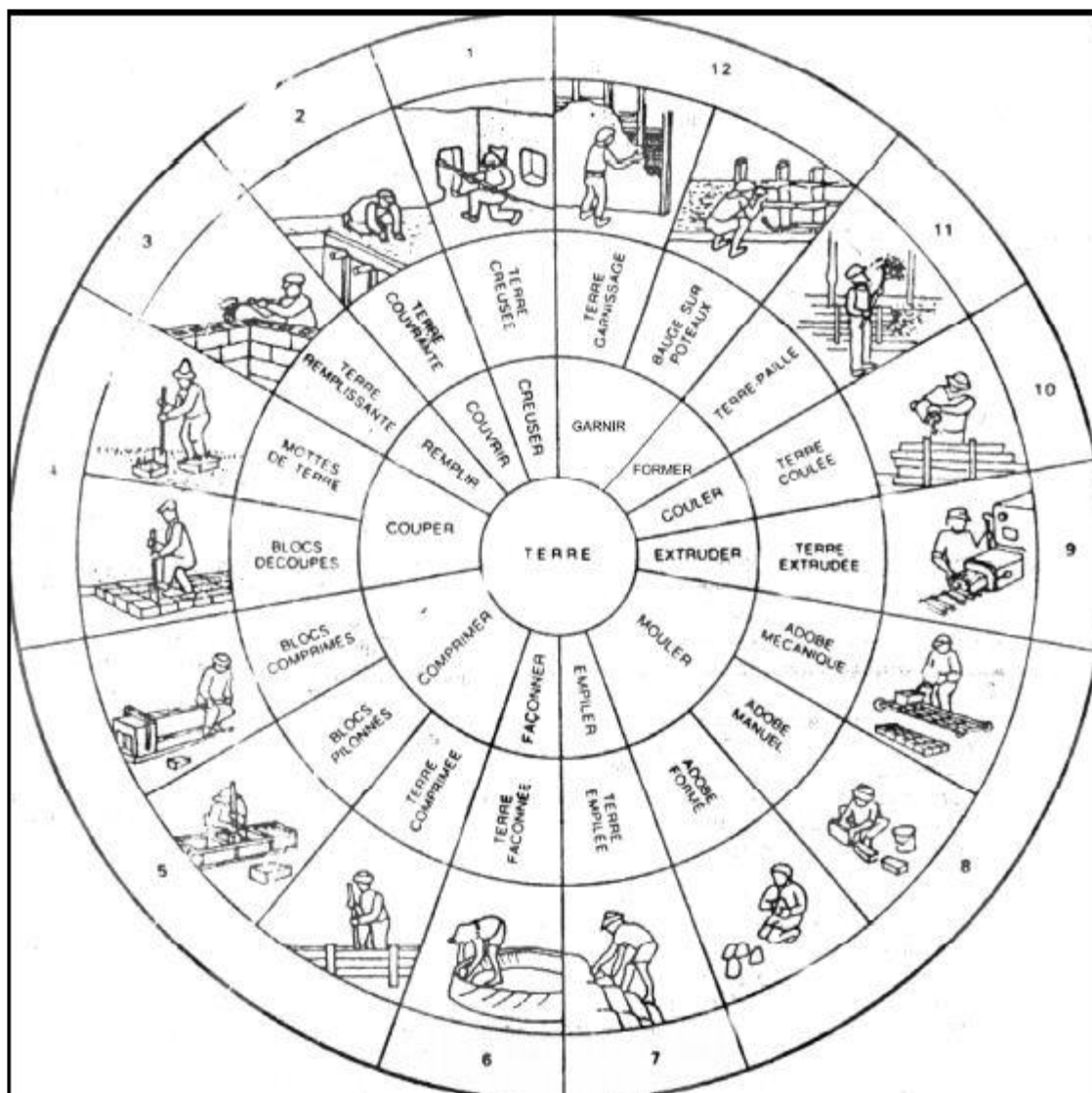


Figure III.03: Les procédés de production de la terre crue [Houben et Guillaud, 1995].

Selon CRATerre, des douze procédés fondamentaux, il en découlerait une centaine de variantes, qui ont permis la construction, aussi bien, d’humbles demeures que de somptueux palais. Ces techniques sont représentées dans le diagramme de la Figure III.03 [Doat et al, 1983].

L’architecture contemporaine utilise la terre, soit en structure visible à l’extérieur, soit protégée à l’intérieur. Sa plasticité permet d’obtenir une grande variété de formes, de textures et de couleur [Hegger et al, 2009]. Ses techniques constructives très souples permettent en effet d’avoir une variété de systèmes constructifs : Fondations, soubassements, piliers, murs, planchers, toitures plates et inclinées, voûtes et coupôles etc.

Son utilisation s’étend aussi au mobiliers intégrés, cheminées, escaliers, claustras ainsi que les ouvrages d’art: Réservoirs, caniveaux, ponts et aqueducs, routes, pistes d’atterrissages, etc. [CRATerre, 1995]. Elle peut offrir toute une gamme de produits architecturaux allant du logement social collectif à l’habitat de haut standing.

Il existe une grande variété des types de construction en terre. Pour comprendre la diversité de la construction en terre, les types les plus couramment utilisés sont présentés ci-dessous.

- **Pisé.**

La terre est compactée dans les coffrages (traditionnellement en bois, mais actuellement ils peuvent être en métal), couche après couche, par une dame (manuelle ou pneumatique).

La Figure III.04 présente un exemple d'un mur traditionnel en pisé.



Figure III.04: Mur en pisé à Beni Yenni [Idir, 2013].

- **Adobes.**

C'est le nom le plus communément utilisé pour les briques séchées au soleil. Les briques d'adobe sont moulées à partir d'une terre argileuse humide. A l'origine, ces briques étaient formées à la main. Plus tard (et aujourd'hui), elles sont fabriquées manuellement à l'aide de moules à formes prismatiques variées en bois ou en métal. Actuellement, des machines sont également employées. La Figure III.05 présente un exemple d'un mur en adobes (thoub).



Figure III.05: Mur en thoub (région de Boughzoul) [Kebaili, 2006].

- **Les blocs de terre comprimée (BTC).**

Pendant longtemps, on a fabriqué des blocs de terre à l'aide de moules dans lesquels on comprimait la terre à l'aide d'un petit pilon ou en rabattant avec force un couvercle très lourd. La mécanisation a permis l'utilisation actuellement des presses de toutes sortes. Les produits obtenus sont extrêmement variés.

La figure III.06 présente un exemple d'un bloc en BTC tout juste sorti d'une presse.



Figure III.06: Un bloc en BTC [Auteur, Epau, 2014]

- **La terre-paille.**

Pour cette technique, la terre utilisée doit avoir une bonne cohésion. Elle est diluée dans de l'eau jusqu'à l'obtention d'une barbotine homogène, que l'on verse sur de la paille, jusqu'à enrober chaque brin. Au séchage, on obtient un matériau dont la texture est essentiellement celle de la paille.

- **Torchis.**

Une structure en colombages et claires de bois est hourdée avec une ou plusieurs couches de terre. Cette terre argileuse, amendée de paille ou d'autres fibres, constitue les parois de la bâtisse.

- **Bauge.**

Ce procédé consiste à empiler des boules de terre les unes sur les autres et à les tasser légèrement à l'aide des mains ou des pieds jusqu'à confectionner des murs monolithiques. Habituellement, la terre est amendée de fibres de natures diverses.

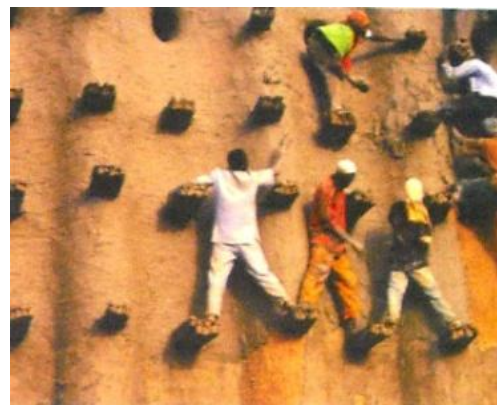
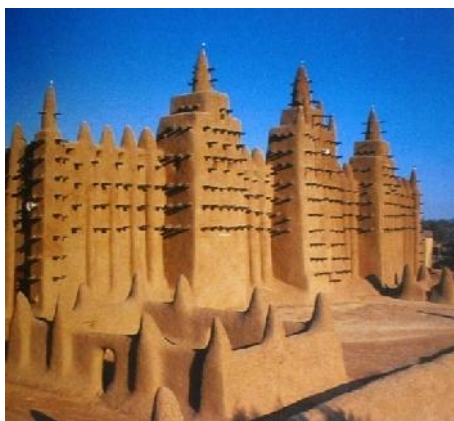


Figure III.07: Mosquée de Jennah au Mali [Fontaine et Anger, 2009].

III.1.3. Les pathologies constructives.

Si du point de vue de la médecine, le terme « pathologie » désigne la science qui a pour objet l'étude des causes et des symptômes des maladies et des effets qu'elles provoquent. En architecture, est pathologique toutes les anomalies qui porte atteinte à l'intégrité des structures au sein d'un bâtiment, ainsi le mot « pathologie » dans le langage des architectes renvoie à l'étude du cadre lésionnaire qui affecte les systèmes constructifs du bâtiment, leurs typologies ainsi que les causes qui les provoquent.

L'étude pathologique se fait par l'analyse des désordres affectant d'une part les structures, telles que le terrain, les fondations et les planchers, et d'une autre part, le bâtiment lui-même, à savoir : les façades, les couvertures et les enduits.

La finalité de cette étude est la récupération constructive du bâtiment et celle de tous ses éléments (sa fonctionnalité, son aspect et sa valeur historique) [Monjo-Carrio, 2011].

Afin de mieux profiter des avantages des constructions en terre, il est nécessaire de se prémunir contre certaines pathologies. Les constructions en terre sont très sensibles à l'eau dont la présence dans la structure du bâtiment présente une pathologie à laquelle il faudra faire très attention, car elle est le premier facteur qui nuit à la durabilité des ouvrages en terre [Kebaili, 2006].

a. Les principales causes de désordre.

Les désordres sont principalement causés par la sollicitation du matériau ou du système à l'encontre de ses propriétés mécaniques. Ne résistant qu'à la compression, le matériau terre ne doit pas être soumis aux efforts de traction ou de flexion. Nous pouvons citer plusieurs causes de désordre [Encyclopédie du bâtiment].

- La forte pathologie humide
- Les mauvais terrains sur lesquels sont bâties les constructions : Sol instable, de résistance trop faible, sol gonflant etc.
- La mauvaise conception du bâtiment: Des fondations sous dimensionnées ou excentrées, murs non chaînés, trop élancés, trop percés d'ouvertures, des tableaux de baies trop lourds, des charges de toitures non reprises par un chaînage etc.
- La mauvaise mise en œuvre : Le choix d'une mauvaise terre, des systèmes constructifs mal exécutés (mauvais appareillage des blocs, mauvais ancrage des poutres de planchers, des évacuations des eaux pluviales mal soignées etc.)
- Les autres causes annexes : les influences climatiques et les actions des êtres vivants tels que les insectes et les rongeurs.

b. L'humidité et les pathologies humides des constructions en terre.

Les désordres constatés sur les constructions en terre sont principalement liés à la présence d'eau dans le bâtiment [Jeannet et al, 1996]. En effet, la présence anormale d'humidité peut altérer la qualité des constructions, avoir une incidence sur la qualité des

ambiances intérieurs, sur le confort thermique des habitants et sur la résistance structurelle du bâtiment [Berger et al, 2012].



Figure III.08: Humidité par remontées capillaires, Mâatkas [Idir, 2013].

Pour pouvoir bien les combattre, les types d'humidité doivent être impérativement identifiés, le tableau III.02 indique les différentes formes d'humidité, et ce qu'elles peuvent causer au bâtiment.

Tableau III.02. Types d'humidité les plus courants. [Collombet, 1989].

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

Pour que l'eau affecte les constructions en terre, il faut réunir trois conditions [Encyclopédie du bâtiment] :

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

- Présence d'une force qui permet la pénétration de l'eau dans les ouvertures.

La précaution à prendre est d'éliminer la conjonction de ces trois facteurs. Pour cela, plusieurs solutions sont possibles :

- Avoir de bonnes fondations et un soubassement protégeant le bas du mur,
- Protéger les sommets et éliminer les ruissellements,
- Ne pas imperméabiliser les surfaces des murs qui ont besoin de respirer.
- Eloigner les bâtiments des sources d'eau désagréable reste la meilleure solution qui 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 les désordres structuraux (altération des matériaux) ou structurels (altération de l'enveloppe du bâtiment).

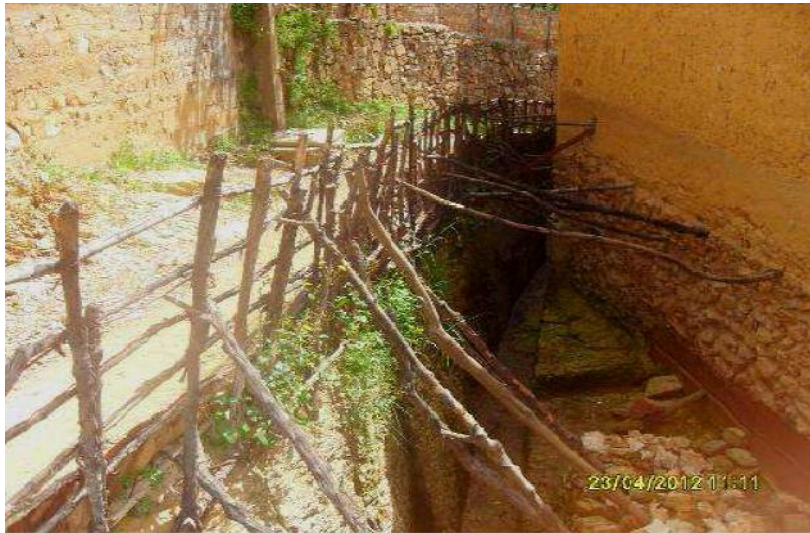


Figure III.09: Drainage périphérique extérieur, Mâatkas [Idir, 2013].

La Figure III.10 montre les mécanismes et les effets de l'eau dans le bâtiment. Plus le matériau est poreux plus les précautions doivent être drastiques.

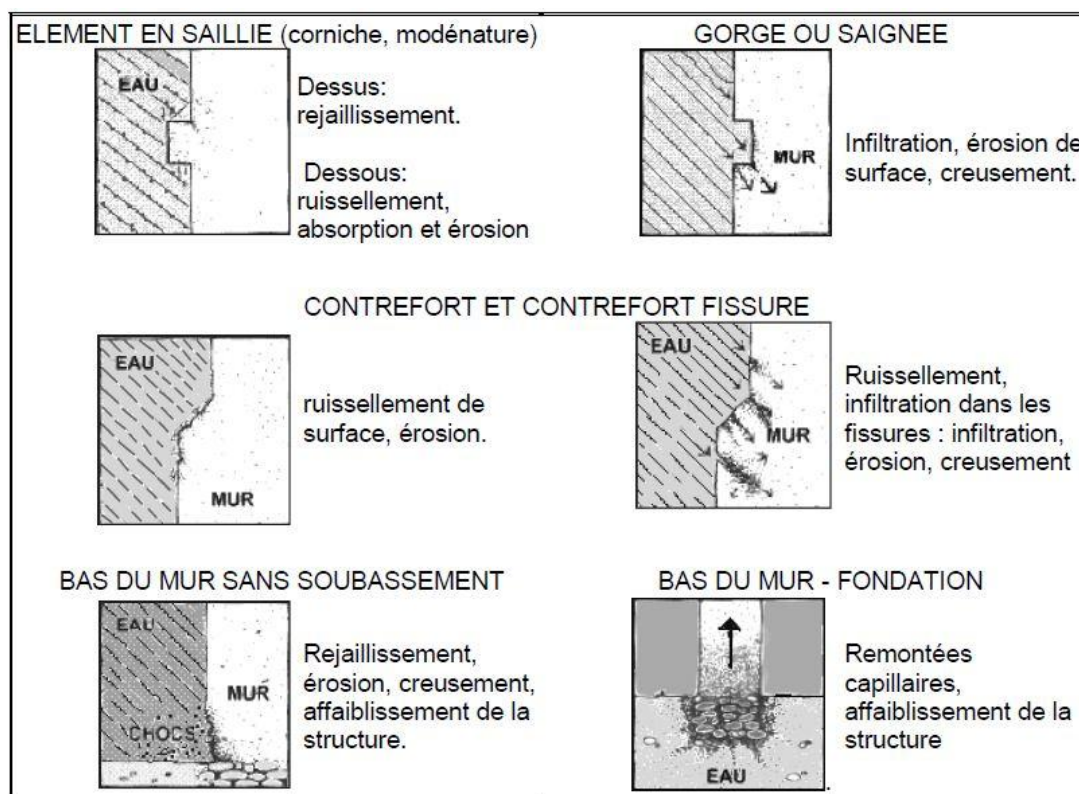


Figure III.10: La pathologie humide ou système de la goutte d'eau [CRATerre].

c. Les pathologies structurelles.

- **Les fissures.**

Ceux sont les manifestations principales des désordres causés par les contraintes localisées (poinçonnement, flambement, effondrement) ou encore la décomposition du matériau sous l'action de l'eau et de l'humidité.



Figure III.11: Fissures au niveau des angles et des baies à Ait Itchir [Salmi, 2014]

Elles sont souvent le résultat des erreurs constructives ou des modifications ultérieures. La forte compression, due aux surcharges propres ou à l'exploitation, peut mettre le matériau en situation de dépassement de contrainte mécanique. Cette forte sollicitation qui est soit localisée (ouvertures, planchers) ou exercée sur la masse d'un mur (mauvaise fondation et

tassement différentiel) crée des fissures qui peuvent favoriser l'infiltration de l'eau voire déstabiliser le bâtiment.

- **Les fissures de retrait.**

Elles sont dues au mauvais contrôle de la qualité de la terre employée et de la teneur en eau lors de la mise en œuvre.

- **Les flambements.**

Un mur élancé non chaîné ou une charge importante, peuvent induire des déformations structurales; les flambements ou ventres extérieurs provoquent alors des fissurations.



Figure III.12: Flambement d'un mur à Tamarna Lakdima [Idir, 2013].

- **Les effondrements.**

Ils peuvent être soit partiels ou totaux et sont induits par l'application de contraintes occasionnelles ou accidentelles soit le résultat d'une pathologie humide.



Figure III.13: Effondrement d'un mur à Ait Hmed, Mâatkas [Auteur].

- **La décomposition du matériau.**

La structure minéralogique et physico-chimique du matériau peut évoluer et se désagréger sous l'action de l'eau, du gel et dégel cyclique et de la forte chaleur. Cette pathologie est accélérée par la fixation des sels et des parasites organiques.

III.1.4. Autres ennemis des constructions en terre.

a. La vulnérabilité du pisé au séisme.

En plus de la vulnérabilité du matériau terre face à l'eau et à l'humidité, sa vulnérabilité sismique est due à sa faible résistance, en comparaison avec le béton classique, aux efforts de compression, de traction et de flexion, qui favorisent d'avantage les désordres que peuvent subir les constructions en terre.

Le problème des bâtiments en terre en zone parasismique est important. Dans le monde, la carte de zones de grande concentration de bâtiments en terre coïncide sensiblement avec la carte de zones de risque sismique élevé [Bruce, 2008].

Malheureusement, le matériau terre est souvent considéré comme un matériau indésirable pour la conception parasismique à cause de ses propriétés : la structure est plus lourde (car les murs sont généralement épais) que les structures industrielles, le matériau est plus fragile et moins résistant que les matériaux industriels.

Pourtant, dans la plupart des cas généraux, les désordres subis par des bâtiments lors des derniers séismes sont dus non pas au choix du type de matériau, ou au type de la structure, mais à la mauvaise qualité de l'exécution, la mauvaise qualité des matériaux, l'étude non conforme aux exigences parasismiques, ou à une combinaison de ces trois aspects [Davidovici., 1984].

Donc, il n'est pas scientifique de dire qu'un matériau est "parasismique" et qu'un autre ne l'est pas. Au lieu d'abandonner systématiquement le matériau terre pour cause parasismique, il est important de comprendre le comportement dynamique des bâtiments de ce type de matériau, ce qui permet ensuite des auscultations et des rénovations adéquates.

Bien qu'il subsiste des limitations dans les règles parasismiques actuelles, ces règles ont quand-même une valeur intrinsèque. En général, des bâtiments conventionnels bien conçus et exécutés suivants les règles parasismiques subissent peu de dégâts. Ce qu'il faut dire ici, c'est que par manque de recherches scientifiques sur le matériau terre, dans les règles, les maisons en terre ne sont pas traitées spécifiquement et on doit leur adapter le règlement conçu pour d'autres types de matériau [Bui, 2008].

b. Attaques des nuisibles.

Certains pisés (notamment ceux qui sont peu graveleux) peuvent avoir été creusés par des insectes, comme les bourdons ou les guêpes maçonnées. Il s'agit d'attaques souvent bénignes qui ne nécessitent, au pire, qu'un rebouchage à l'enduit.

Des trous plus gênants peuvent être occasionnés par les rats spécialement dans les pisés non graveleux. Il faut alors vérifier l'ampleur des dégâts, puis poser des éclats de verre pour dissuader ces animaux hémophiles. On rebouche ensuite les galeries avec un mortier de terre à pisé, chaux et paille (la paille de lin convient très bien) [Pignal, 2005].

c. Attaques physico-chimiques.

Sur des murs en pisé comme sur d'autres types de maçonneries, on peut observer du salpêtre. Le salpêtre est produit par les remontées capillaires d'eau chargée de sel. A une certaine hauteur, cette eau véhiculée dans la masse de la maçonnerie surgit en nu intérieur ou extérieur du mur puis s'évapore au contact de l'air. Mais, à la différence de l'eau, le sel, ne pouvant pas s'évaporer, se cristallise et forme ce qu'on appelle le salpêtre.

Traiter le salpêtre revient à traiter ses causes, ce qui n'est pas toujours commode. En effet il apparait difficile de supprimer le sel présent dans l'eau du sol, tout au plus pourrait-on imaginer de créer une barrière étanche en sous-œuvre, mais le coût de ce type d'intervention la réserve à des cas très particuliers.

Un autre cas de salpêtre présente plus d'espoir, lorsqu'il est causé par les excréments d'animaux (anciennes étables transformées en habitations). Dans ce cas, un lavage intensif du sol -souvent constitué d'une dalle de béton qu'il est opportun de déposer en amont des travaux de réhabilitation- permettra à terme une suppression du salpêtre [Pignal, 2005].

d. Les résistances psychologiques.

En plus des vulnérabilités dues aux caractéristiques intrinsèques du matériau terre, il existe également des résistances de nature psychologique et culturelle. En effet, dans certains pays, et notamment en Afrique, le développement a été marqué par l'imitation des modèles occidentaux. Pour de nombreux habitants, la terre symbolise désormais un mode de vie archaïque, un obstacle au progrès, et ils lui préfèrent les abris en bidons ou en carton goudronné, pourtant bien moins confortables. « Les habitants refusent maintenant de bâtir leurs maisons en briques et en tuiles. Ils veulent pour leurs toits de la tôle ondulée et pour les murs ce qu'ils appellent de la « terre européenne », c'est-à-dire du ciment ! » [Nyerere, 1977].

III.1.5. Les principes de bonne conception architecturale.

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 graves désordres, les principes constructifs indiqués dans la figure 44 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 terre [Encyclopédie du bâtiment].

L'architecture de terre crue recèle de nombreuses qualités, en plus des qualités intrinsèques du matériau terre. En effet les ouvrages réalisés en terre crue sont plus confortables car ils régulent la température et l'humidité à l'intérieur des espaces. Ils n'attirent pas la poussière et ne favorisent pas la condensation ce qui est bénéfique pour la santé des

habitants. Ils offrent aussi des espaces protégés contre les nuisances sonores et les nuisances liées aux ondes électrostatiques. Ils sont aussi résistants au feu et peuvent être aussi durables que les œuvres réalisées avec du béton.

Néanmoins, la construction en terre crue obéit à des règles constructives strictes. Mal conçues, les œuvres en terre crue sont exposées à de graves désordres pathologiques et notamment celles liées à l'eau, car le matériau terre est particulièrement sensible à l'eau. Les principes de bonne conception architecturale sont des règles universelles simples qui exploitent les qualités du matériau pour offrir des réalisations à l'abri de ces pathologies et garantissent la durabilité des œuvres [Kebaili, 2006].

Les principes constructifs, indiqués dans la figure III.14, 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 terre [Encyclopédie du bâtiment].

Légendes :

Protection de la base du mur :

- A : soubassement
- B : soubassement en pierre
- C : renfort des angles en leur base
- D : forme de pente évacuation de l'eau loin des murs

Protection de mur

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

Protection des ouvertures

- H : tableaux enduits
- I : solin haut débordant avec goutte d'eau

Protection du haut du bâtiment

- J : chapeau débordant
- K : bande d'enduit haute; protection par le décor et la modénature
- L : gargouille dépassant; protection du mur à la sortie de la gargouille

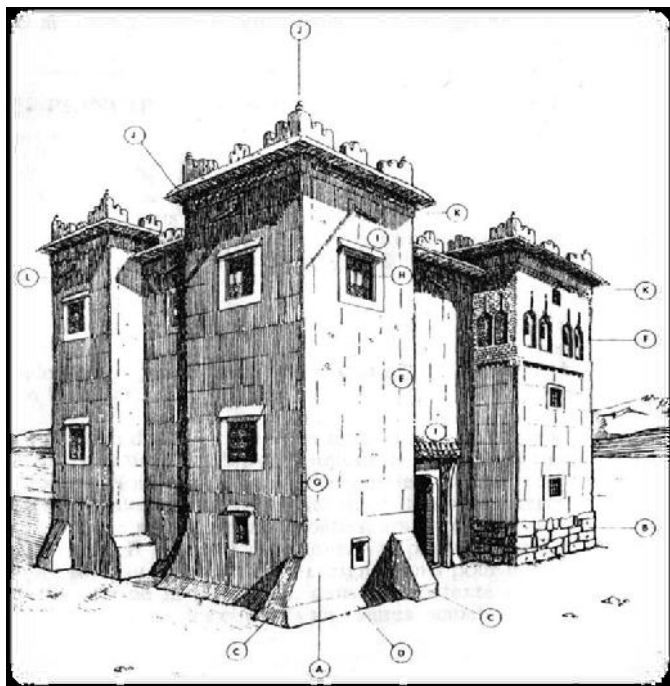


Figure III.14: Le schéma de bonne conception architecturale d'un bâtiment en terre [CRATerre].

III.1.6. La stabilisation du matériau.

a. Définitions.

Un procédé de stabilisation peut être défini comme une méthode physique, physico-chimique ou chimique permettant à une terre de mieux satisfaire aux exigences qu'impose son utilisation dans un ouvrage.

Quelque soit l'application de la stabilisation, elle répond à un nombre réduit d'objectifs :

- Réduire le volume des vides entre les particules solides (porosité).
- Colmater les vides que l'on ne peut supprimer (perméabilité).
- Créer des liens ou améliorer les liaisons existantes entre les particules (résistance mécanique).

Ces trois objectifs permettent d'améliorer les caractéristiques mécaniques du matériau et de réduire sa sensibilité à l'action de l'eau.

b. Types de stabilisations.

- **La stabilisation mécanique.**

C'est un procédé qui consiste à réduire la porosité des briques de terre par compactage mécanique sans ajout de stabilisant. Il peut être soit statique, (à l'aide de rouleaux cylindres, de rouleaux à pieds de mouton ou de rouleaux à pneus), et convenir aux terre à grains fins, soit dynamique (rouleaux vibrants, aiguilles et coffrages vibrants, etc.) et utilisé pour les terres à grains plus importants

- **La stabilisation physique.**

On arrive à stabiliser le matériau terre en agissant sur sa texture grâce au contrôle de la granulométrie, de manière à créer une certaine densité qui réduit les pores et les canaux capillaires. La stabilisation physique peut se faire aussi par traitement thermique (déshydratation ou gel) ou par choc électrique (électro-osmose) pour obtenir de meilleures qualités structurales du matériau permettant ainsi, l'amélioration de sa résistance à la compression, à la traction et au cisaillement [Houben et Guillaud, 1995].

- **La stabilisation chimique.**

Traditionnellement, le pisé est fabriqué à partir de la terre ou le liant unique est de l'argile. Aujourd'hui, avec le but de diminuer la sensibilité du pisé à l'eau et d'augmenter sa résistance à la compression, la terre est stabilisée au ciment ou à la chaux. On les appelle des "pisés stabilisés". La figure III.15 présente un bâtiment en Grande-Bretagne construit avec du pisé moderne stabilisé au ciment.



Figure III.15: Bâtiment en pisé stabilisé au ciment [Maniatidis, 2003].

c. Principaux stabilisants chimiques.

La terre est stabilisée grâce à l'ajout d'un ou de plusieurs stabilisants qui peuvent se présenter sous forme de produits minéraux (ciments, chaux, plâtre...) ou de produits organiques (différentes résines, bitumes ...). Parmi les stabilisants les plus utilisés on peut citer :

- les hydrophobants [Doat et al, 1983] (résines, dérivés aminés, bitumes et hydrocarbures) qui permettent l'insensibilisation de la terre à l'eau.

- les liants, (chaux aériennes, chaux hydrauliques, lignosulfites etc.), qui en plus de leur capacité à rendre les argiles moins hydrophiles, peuvent aussi contribuer à obtenir de meilleures caractéristiques mécaniques et de durabilité.

III.2. Le pisé.

Le pisé est un matériau qui répond à la plupart des enjeux du développement durable, il est choisi comme objet de recherche de ce mémoire pour plusieurs raisons :

- Premièrement, à part les avantages communs du matériau terre crue abordés précédemment, le pisé, grâce à sa grande épaisseur, nous offre une grande inertie thermique et une régulation de l'humidité intérieure de la maison. En plus d'une nette diminution de l'impact tant financier qu'environnemental de la construction grâce aux économies d'énergie (voir annexe A), le pisé offre aussi une grande résistance aux incendies.

- Deuxièmement, les connaissances accumulées au fil des ans sur la culture du pisé ont été plus récemment remises en perspective avec les évolutions modernes et contemporaines, ayant abouti à une nouvelle synthèse sur l'histoire et l'évolution de cette technique. Cette synthèse a analysé l'impact de la technique et des modes de mise en œuvre sur la conception et la construction des ouvrages et exposé les tendances les plus récentes d'évolution de la technique vers la préfabrication d'éléments de murs en pisé en atelier ou sur chantier, ou encore vers de nouveaux pisé de terre « coulé », une tendance qui préfigure certainement un

nouvel avenir « viable » de la technique. Une première mise en forme de cette recherche a été produite. [Guillaud, 2005].

- Troisièmement, l'existence d'un patrimoine local en pisé complètement ignoré, beaucoup de villages traditionnels kabyles sont construits en pisé. Nous présentons quelques exemples de la région de Mâatkas dans le cinquième chapitre.

Dans cette partie, nous explorons la technique du pisé, ensuite nous présentons l'état de la recherche sur les performances du pisé dans le cadre du développement durable.

III.2.1. Présentation de la technique.

La définition la plus connue et la plus souvent citée est celle de Cointeraux [1790]:

«Le pisé est un procédé d'après lequel on construit les maisons avec de la terre, sans la soutenir par aucune pièce de bois, et sans la mélanger ni de paille ni de bourre. Il consiste à battre, lit par lit, entre des planches, à l'épaisseur ordinaire des murs de moellons, de la terre préparée à cet effet. Ainsi battue elle se lie, prend de la consistance, et forme une masse homogène qui peut être élevée aux hauteurs nécessaires pour une habitation ».



Figure III.16: Mur en pisé à Thala Hammou - Mâatkas [Auteur].

- **Production du pisé.**

Dans son principe, le pisé est assez simple, de la terre versée dans un coffrage est damée (figure III.17). Une technologie trop sophistiquée peut infirmer cette simplicité originelle du pisé. Les variantes sont très nombreuses selon les régions du monde où l'on pratique le pisé.

En zone tempérée, on ne construit pas en pisé trois mois avant et lors des mois de gel.

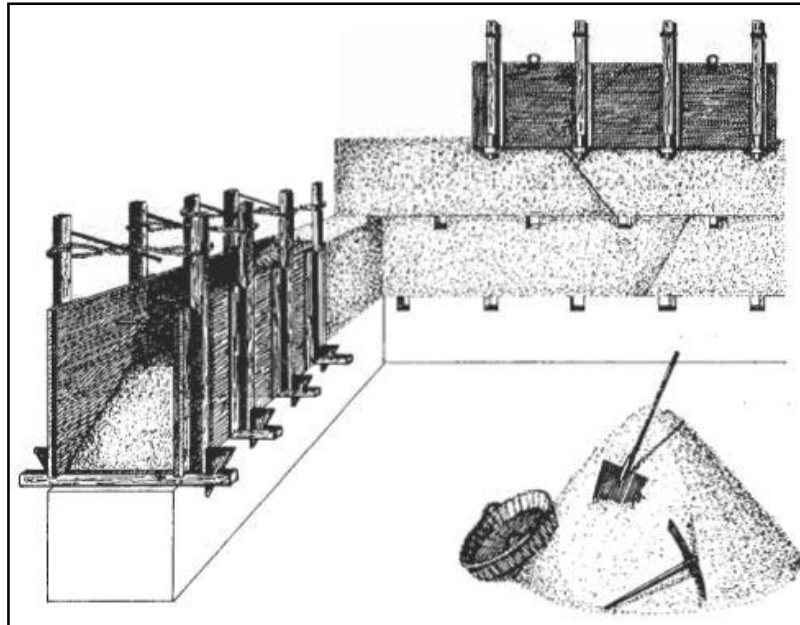


Figure III.17: Mise en place du pisé [Doat et al, 1979]

Sous climat humide, on évite la saison des pluies et sous climat chaud et sec, on évite les mois les plus chauds.

- **Terre à pisé.**

Les caractéristiques d'une terre à pisé sont particulières [Association villes et pays d'arts et d'histoire, 2008]. La meilleure terre est composée de

- Gravier : 0 à 20%
- Sable : 40 à 50 %
- Limon : 35 à 20%
- Argile : 15 à 25%

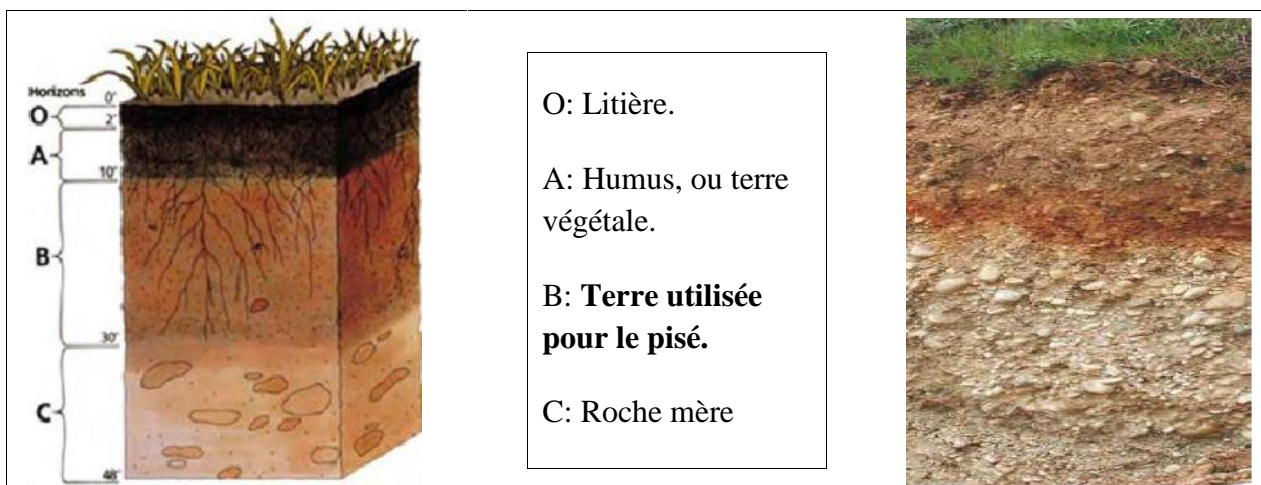


Figure III.18: Les différents horizons d'un profil de sol [Salmi, 2014].

Si la terre est trop argileuse, elle ne se compacte pas mais se déplace. Si elle est trop humide, elle va onduler.

La terre est stockée en tas et couverte d'une bâche pour éviter l'humidité en cas de pluies, ou encore le dessèchement en cas de vent. La terre est extraite par mottes, cassées, elle est ensuite emportée sur le lieu du chantier (figure III.18). Il faut « frasser » la terre, c'est-à-dire la répartir en fines particules, pour l'aération et l'oxygénation de l'argile.

En principe, on utilise la terre à pisé sans ajouts, mais on peut la mouiller à l'arrosoir avec comme risque de la voir craqueler au séchage. Si la terre est trop argileuse ou trop mouillée on peut lui ajouter un peu de chaux. Ce rajout doit être fait avec prudence, le pisé risquant par réaction chimique de se fendiller.

La terre propice à une bonne construction en pisé ne peut être prélevée que durant la période allant du mois de mai à la fin août, exceptionnellement, jusqu'à fin octobre.

- **Le module de base.**

La Figure III.19 montre le module de base dans les constructions en pisé, où le plus petit assemblage peut constituer un espace.

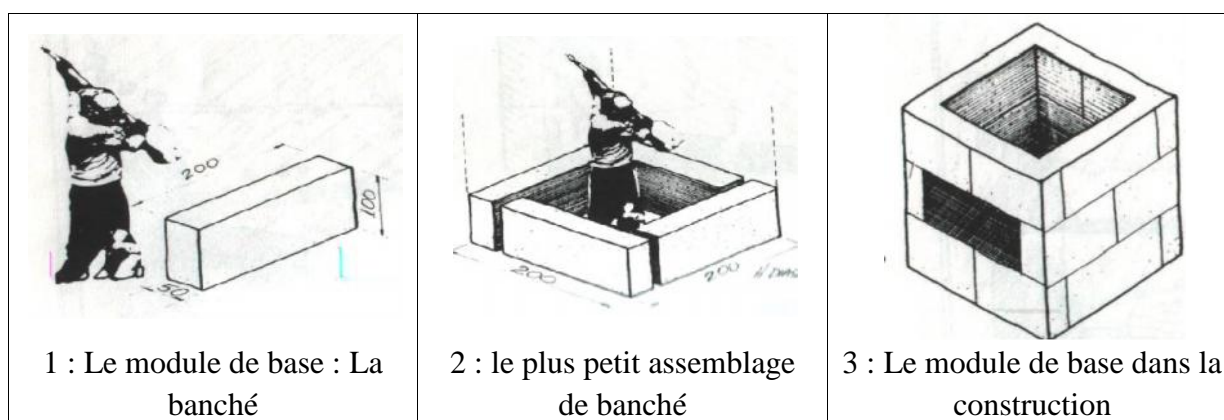


Figure III.19: Le module de base pour le pisé [CRATerre]

- **Enduit sur pisé.**

On trouve encore facilement des pisés anciens en bon état d'origine, mais la réhabilitation d'un bâtiment en pisé se conclut souvent par la pose d'un enduit pour des raisons esthétiques (uniformisation de l'aspect), de confort (l'enduit a aussi une fonction d'isolant extérieur) ou de durabilité (l'enduit qui bouche les fissures réduit la prise au gel et l'érosion due aux intempéries) [Pignal, 2005].

Un enduit sur pisé doit respecter toutes les règles de mise en œuvre. Il est posé à la truelle en deux ou trois couches, avec un temps de prise suffisant entre les différentes couches. L'enduit ne doit être ni trop épais ni trop lourd, en raison des risques de décollement que cela poserait [Pignal, 2005].

- **Les ouvertures.**

Selon le système constructif utilisé, diverses ouvertures peuvent être adoptées dans un ouvrage en pisé (Figure III.20) 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 remplacement d'un pan de mur dans une structure à ossature poteaux poutres ou à trumeaux.

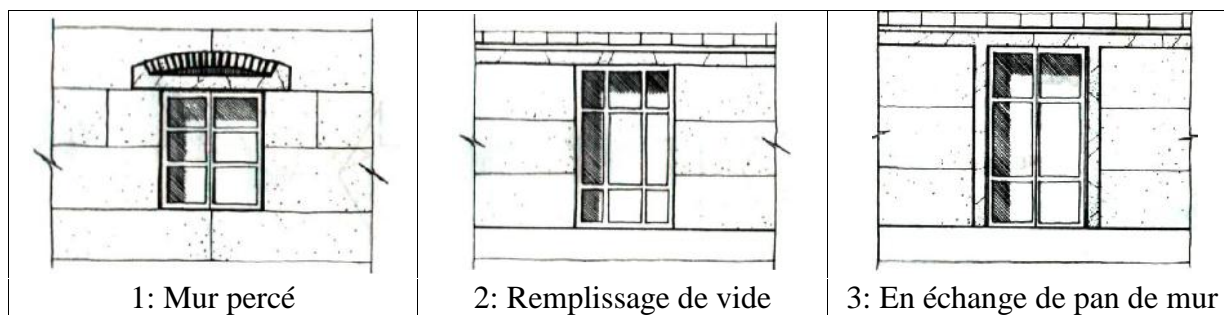


Figure III.20: Les possibilités de percement pour un ouvrage en pisé [CRATerre].

III.2.2. Pisé traditionnel et moderne.

Le pisé traditionnel est fabriqué par des coffrages en bois et une dame manuelle. Il est monté sur un soubassement en maçonnerie (pierre, brique, galets) appareillée, hourdé au mortier de chaux. Cette maçonnerie a environ 50 cm de haut [Pignal, 2005]. Le soubassement protège alors le pisé des projections d'eau et des remontées d'humidité par capillarité.

Dans la fabrication du pisé traditionnel, des cordons de mortier de chaux (les liens ou joints) peuvent être appliqués en fond de banche, sur les côtés (ils ne traversent pas le mur), afin de renforcer la ligne de jointure horizontale entre banches, zone plus difficile à tasser. Une fois la banchée terminée, on peut la décoffrer immédiatement et attaquer la banchée voisine. Les murs sont montés par assises successives ; pour en améliorer la cohésion, le maçon doit prendre soin de « croiser » ses coups de psoir, en faisant tourner l'outil entre chaque coup, et de croiser les banches, c'est-à-dire d'adopter un sens de construction opposé d'une assise du mur à l'autre.

C'est vers le milieu du XVIII^e siècle que les joints de chaux deviennent systématiques et le raccord entre les banchées s'incline jusqu'à atteindre plus ou moins 45° ; cette technique, combinée au croisement des assises (les raccords de deux assises superposés sont inclinés en sens contraire), éviterait la fissuration du mur. L'observation sur le terrain montre que, dans la réalité, un même mur peut présenter des raccords verticaux et inclinés, cela étant certainement dû à la plus grande difficulté qu'il y avait à faire les seconds [Pignal, 2005].

Les bâtiments en pisé traditionnel ne dépassent pas généralement trois niveaux, Cependant, nous pouvons citer un cas exceptionnel d'un bâtiment de 6 étages construit en 1820 en Allemagne (Figure I.07). Ses murs de sous-sol et ses soubassements sont en maçonnerie de pierres. Les murs en pisé sont enduits et il est difficile de reconnaître le pisé. L'épaisseur des murs en pisé diminue suivant l'élévation [Bui, 2008].

Depuis les années 1980, le pisé redevient un mode de construction dans le monde. Ces pisés dit « modernes » ne reproduisent pas à l'identique les procédés de construction anciens.

La terre est mise en œuvre avec les apports de la technologie moderne pour aboutir à des logements ayant au moins le standard du confort actuel (figure III.21)



Figure III.21: Maison de Martin Rauch [Martin Rauch, site internet].

- **Techniques modernes pour la construction du pisé.**

- **Compactage par une dame pneumatique:** La dame manuelle en bois dans le cas du pisé traditionnel est remplacée par une dame pneumatique (figure III.22) plus puissante qui permet d'augmenter la rapidité de la fabrication et la densité du pisé. La dame, en général, est en métal de forme circulaire mais elle peut être modifiée par l'ajout d'une plaque de bois carré suivant les besoins de l'artisan.



Figure III.22: Les dames pneumatiques en métal. A droite, la dame est modifiée en ajoutant une plaque carrée en bois [Galerie Eureka et CRATerre, 2009].

➤ **Mise en œuvre de coffrages du pisé moderne.**

Les coffrages actuels sont plus larges que les coffrages traditionnels pour la rapidité de la fabrication sur chantier. Ils sont aussi plus rigides pour supporter le damage plus fort de la dame pneumatique (actuellement ils sont en général, en métal comme le montre la figure III.23).



Figure III.23: Coffrage métallique du pisé moderne sur un chantier en France. [Bui, 2008]

➤ **Préfabrication du pisé moderne :** La préfabrication s'est aussi développée.

Les figures III.24 et III.25 présentent des pisés fabriqués en usine, leur transport et leur mise en œuvre.



Figure III.24: Préfabrication du pisé dans une usine, en Autriche [Rauch, 2007].



Figure III.25: Transport et mise en œuvre des éléments préfabriqués [Rauch, 2007].

III.2.3. Stabilisation et inconvénients.

La plupart des constructions neuves en pisé sont stabilisées (au ciment ou à la chaux). Pourtant, la compréhension de l'inconvénient et l'intérêt de la stabilisation du pisé sont indispensables pour déterminer la stratégie convenable. La stabilisation du pisé augmente considérablement le coût de la construction. Ensuite, le recyclage devient difficile, voire impossible. Donc, l'avantage de la non-production de déchets du matériau terre est supprimé. [Bui, 2008].

A cet effet, il n'est toujours pas nécessaire de stabiliser ce matériau. Les deux principales raisons de la stabilisation sont la limitation de la sensibilité à l'action de l'eau et l'augmentation de sa résistance à la compression. Avec la première raison, la durabilité du pisé dépendant fortement du climat, des précipitations de chaque région, fait que le besoin de stabilisation change d'un pays à l'autre et même d'une région à l'autre. Ensuite, pour la deuxième raison, la résistance à la compression du pisé dépend de la descente de charge sur le mur. En fonction de cette descente de charge, il est nécessaire de stabiliser ou pas. En général, le pisé non-stabilisé convient tout à fait pour construire des maisons de 1 à 3 étages.

« Si des matériaux stabilisateurs doivent être utilisés, il serait plus économique de les appliquer pour le revêtement imperméable, plutôt que pour toute l'épaisseur du mur. » [Fathy, 1970].

III.2.4. Renforcement du pisé.

En plus de la stabilisation, le pisé peut bien être renforcé, nous présentons ci-après quelques techniques de renforcement des murs en pisé qui pourront servir à entretenir des maisons existantes ou à appliquer aux maisons neuves.

- **Ossatures en béton armé.**

Cette technique est utilisée assez fréquemment, en réalité par manque des connaissances scientifiques sur le matériau terre. Par contre, elle est déconseillée par des recherches scientifiques [Bruce et al, 2008], pour incompatibilité de la raideur entre le matériau terre et l'ossature en béton armé, ceci pourra renforcer le cisaillement des murs pisé en cas de séisme, car ces ossatures, mises pour renforcer, deviennent comme des lames qui pourront couper le pisé de l'intérieur.

- **"Armer" des murs en pisé.**

Walker et Morris (2000) proposent l'utilisation des armatures en acier pour renforcer des murs en pisé. La densité et la disposition des armatures dépendent de la zone sismique où se situe le bâtiment. La Figure 37 présente un exemple de ce type de renforcement.

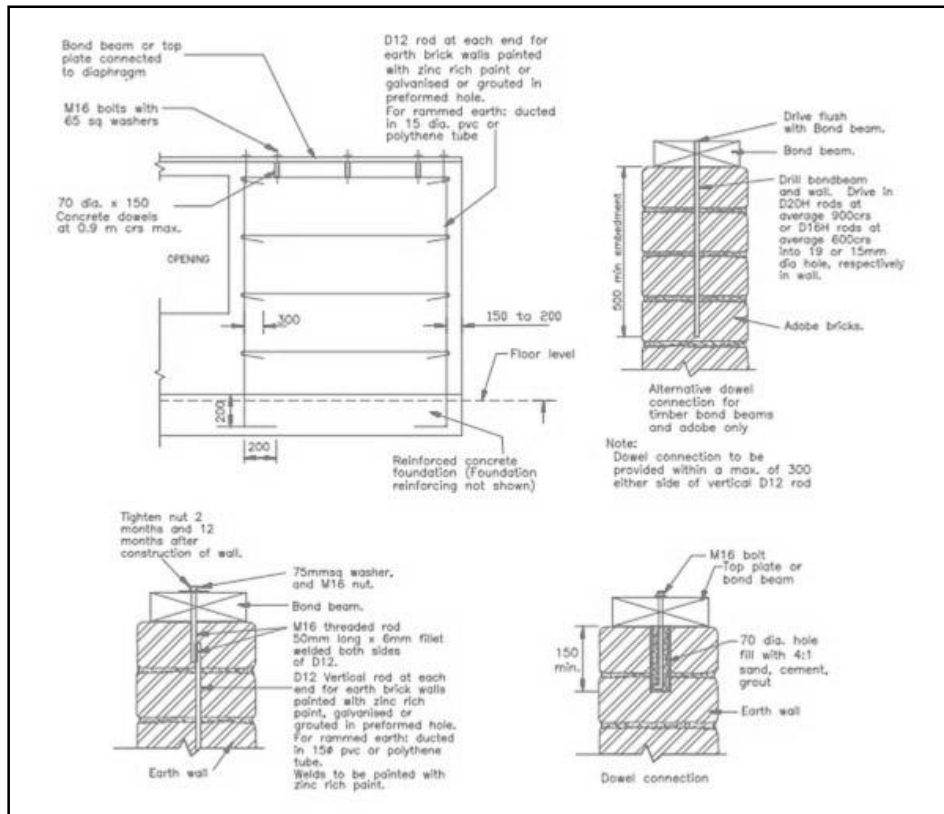


Figure 58: Renforcement parasismique des murs en terre, proposé dans la norme de Nouvelle-Zélande [Bui, 2008].

• Tirants verticaux.

Minke [2001] encourage l'utilisation des barres de renforcement vertical mais par contre, il déconseille le placement des barres horizontales dans les murs en pisé. La raison est que la force de cisaillement ne peut pas être transférée par des barres puisque la cohésion entre ces éléments et la terre est très faible. Donc, des éléments de renforcement horizontal affaiblissent souvent la structure et cause des fissures horizontales. En plus, en pratique, il est difficile d'assurer un bon damage avec la présence de ces éléments horizontaux [Minke, 2001].

Des barres verticales peuvent être en bambou ou en acier. La technique des tirants verticaux en bambou a été testé en laboratoire avec la table de vibration qui stimule Des mouvements d'un vrai séisme sur des murs en adobes forme U ou T ou une petite maison complète. Des résultats montrent que cette technique peut améliorer considérablement la capacité parasismique des murs en adobe testés. Les limites de cette technique est l'indisponibilité du bambou dans les zones sismiques et une durabilité insuffisante [Bruce, 2008].

Pour éviter ce problème de la durabilité des bambous, d'autres études ont subtilisé ces bambous par des tirants en aciers. Bruce (année) a testé des maisons à plusieurs échelles avec cette technique (des tirants verticaux à l'intérieur du mur). Le résultat montre que le

renforcement par des tirants verticaux à l'intérieur du mur donne des réponses satisfaisantes aux demandes des règles parasismiques actuelles.

La technique des tirants verticaux à l'intérieur du mur a été appliquée aux murs en pisé stabilisés dans des études de Morris et Walker [2000] et Hamilton et al. [2006], avec l'utilisation des tirants en acier précontraint. Ces tirants sont placés dans les tubes mis dans le coffrage pour protéger les tirants contre la corrosion par l'humidité de la terre du pisé. Ces tirants sont introduits la précontrainte après le damage du mur. L'utilisation de la précontrainte peut diminuer la quantité des tirants nécessaires, par rapport à la technique des tirants normaux. Cela diminue non seulement le travail de l'emplacement des renforcements mais facilite aussi le damage du pisé. Avec les tirants précontraints, pour chaque mur, on n'aurait besoin que de 2 tirants aux deux bouts du mur pour supporter la force sismique "en plan" du mur et un tirant au milieu du mur pour supporter la force sismique "hors plan" du mur.

Cette technique est tout à fait applicable aux murs en pisé et ouvre une nouvelle voie du renforcement des maisons en pisé neuves ou existantes par son efficacité et sa simplicité de réalisation.

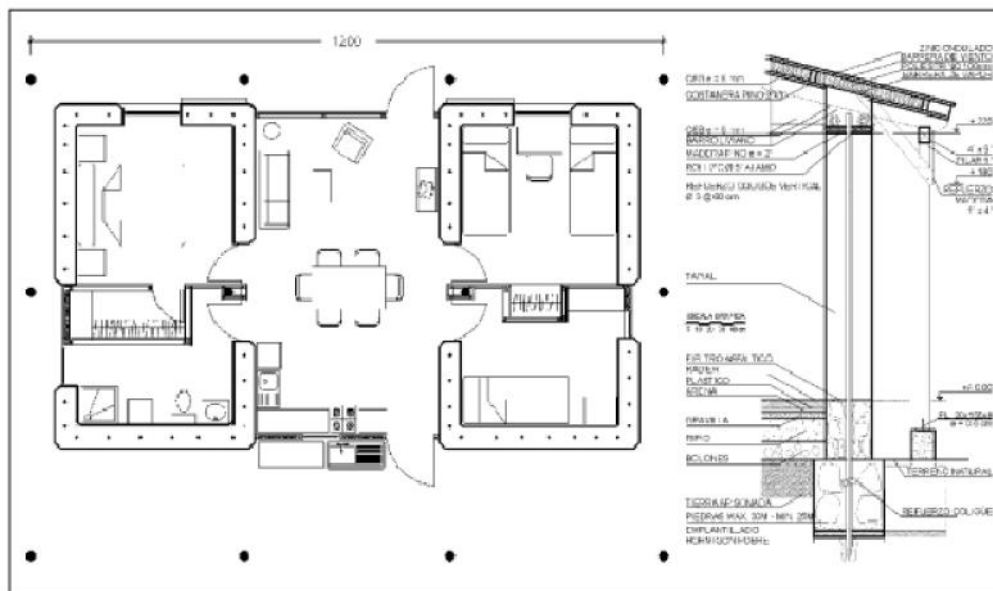


Figure 59: Renforcement par des tirants verticaux, proposé par Minke [Bui, 2008].

III.3. Conclusion.

Comme nous avons pu le voir dans ce chapitre, le pisé est une technique simple et sa mise en œuvre ne nécessite que peu de moyens.

La technique de pisé redevient une alternative crédible à la construction. Ce matériau n'appartient plus au passé, mais à l'avenir. Par ses propriétés techniques, il répond à la plus part des nouveaux enjeux de la construction au XXI^e siècle. En effet le pisé assure confort et santé durant toute la vie du bâtiment, même en cas d'incendie, il 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 (Résistance thermique, faible énergie grise, bilan carbone, issu

de ressources renouvelables, extraction respectueuse de l'environnement, recyclable et réutilisable, transport limité...).

Il est très répandue que constructions en terre sont extrêmement sensibles à l'eau et que très fragilisées par ce fait, elles ne peuvent en aucune manière répondre aux normes modernes de confort, de sécurité et de durabilité. Paradoxalement, des architectures de terre ont traversé les siècles pour nous parvenir et la durabilité de ces architectures est en effet parfaitement incontestable et l'eau ne peut porter atteinte aux bâtisses réalisées en terre crue que si ces dernières sont mal conçues, c'est à dire que leur réalisation ne respecte pas les règles de l'art de bâtir en terre. Cela signifie que la vulnérabilité à l'eau des architectures de terre est un mythe construit sur la réalité de la perte des savoir-faire constructif traditionnels et de la culture d'entretien. En réalité, La terre, en tant que matériau de construction, présente une très bonne capacité de résistance à l'eau à la seule condition d'être mise en oeuvre dans les règles de l'art, et les constructions en terre peuvent par conséquent répondre aux normes les plus modernes de confort, de sécurité et de durabilité.

Cependant, il est toujours possible d'améliorer la résistance des constructions en pisé par différents modes de stabilisation ou de renforcement. Dans cette optique différentes recherches sont menées soit en laboratoire ou sur site pour évaluer les caractéristiques du pisé et en améliorer les performances.

A travers cette recherche, nous avons pu voir que les qualités physiques de la résistance et de la durabilité du matériau ne sont plus un obstacle mais comme énoncé précédemment dans le chapitre introductif, nous nous souhaitons pas arrêter aux aspects techniques du matériau seuls, nous voulons également donner la parole aux usagers à travers un champ disciplinaire qui se rapporte aux sciences sociales, c'est ce dont il sera question dans les deux prochains chapitres.

Chapitre IV: Présentation et analyse du premier cas d'études.
Village Mostefa Ben Brahim, Sidi Bel Abbès réalisé par le CNERIB
avec un matériau amélioré (pisé stabilisé).

IV.1. Présentation de la région.

IV.2. Présentation du projet.

IV. 3. Méthodologie de la recherche.

IV.4. Etat actuel des lieux.

IV.5. Conclusions.

A l'aube de l'indépendance, la majorité des algériens habitait à la campagne. Ce n'est que vers la fin des années 1980 que la situation s'est inversée à cause de l'exode rural. Près du tiers des habitations rurales était en terre [Côte, 1988]. Comme nous allons le voir avec l'expérience du village de Mostefa Ben Brahim, l'état algérien voyait en l'architecture de terre un moyen de stabilisation des populations rurales, de-là, la réalisation de plusieurs villages agricoles a été entreprise.

Ainsi, on va voir l'architecture de terre hors son contexte traditionnel dans la campagne algérienne.

IV.1. Présentation de la région.

IV.1. 1. Données géographiques.

Mostefa Ben Brahim, nommée Telioum jusqu'en 1972, est administrativement, une commune de la wilaya de Sidi Bel Abbès en Algérie. Le village Mostefa Ben Brahim se situe dans le nord est de la ville de Sidi Bel Abbès (Figure IV.01).

La région, d'une altitude de 600 m, et est située à la latitude $33^{\circ} 11' 33''$ Nord et à la longitude: $0^{\circ} 21' 30''$ Ouest.

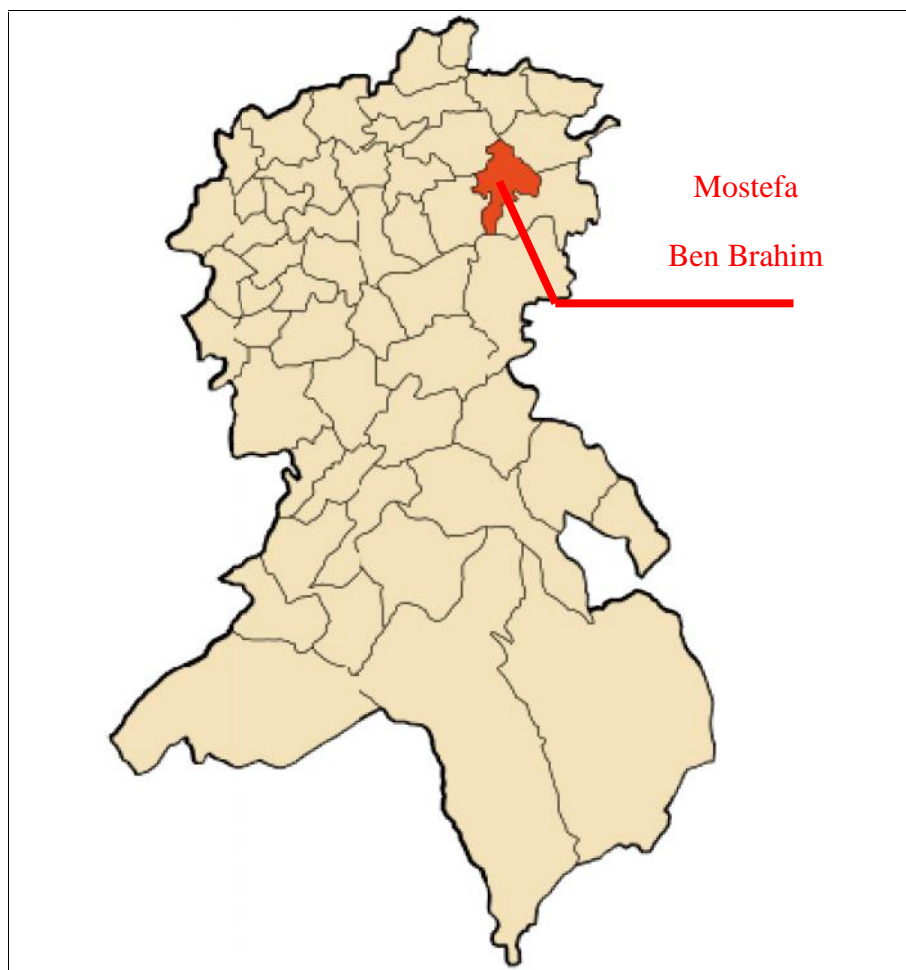


Figure IV.01: Situation de la commune de Mostefa Ben Brahim dans la ville de Sidi Bel Abbès.

IV.1. 2. Données climatiques.

Mostefa Ben Brahim se situe dans la zone des hautes plaines, caractérisée par un climat semi aride sec et froid. La précipitation annuelle est de 750 mm, la neige tombe avec une fréquence d'une semaine par an (de 5 à 20 cm). Les températures moyennes varient de -3°C à 36°C .

IV.1. 3. Données urbaines.

Le village de Mostefa Ben Brahim fait partie des villages ruraux coloniaux, considérés comme les vestiges historiques et architecturaux datant de l'ère coloniale. Malheureusement, ces vestiges sont, pour une grande partie, abandonnés, ou en mauvais état (beaucoup ont subi de multiples actes de vandalisme et de dégradations), ou remaniés pour d'autres usages.

L'expérience du village de Mostefa Ben Brahim, montre que l'état algérien voyait en l'architecture de terre un moyen de stabilisation des populations rurales, avec la naissance de l'exode rural. De-là, la réalisation de plusieurs villages agricoles a été entreprise. Ainsi, on ne peut pas dire que toutes les réalisations en terre traditionnelle dans la campagne algérienne a une relation avec les traditions millénaires rencontrées dans certains pays. C'est une tradition jeune dont les circonstances de la naissance ont rencontré l'événement colonial.

IV.2. Présentation du projet.

Lors du premier congrès sur l'habitat rural en Algérie en 1973 [Odul, 1983], l'accent était mis sur l'utilisation des matériaux locaux, de là est venue l'idée de l'utilisation de la terre stabilisée. Mostefa Ben Brahim près de Sidi Bel Abbes devait être une opération pilote de construction en terre pour les mille villages agricoles lancés en 1970 (Figure IV.02).

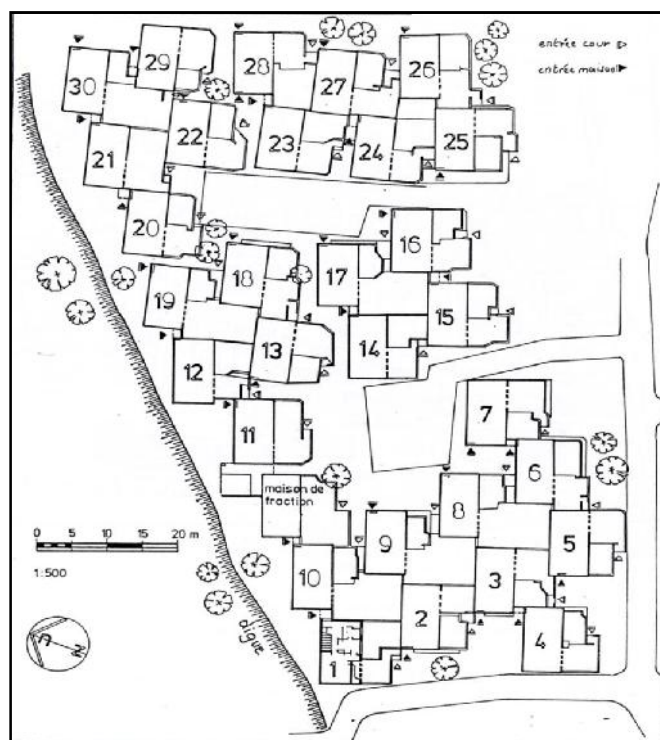


Figure IV.02: Plan de masse des maisons en pisé de Mostefa Ben Brahim [Odul, 1983].

La réalisation était attribuée à l'entreprise rurale CPRA (chantiers populaire de la révolution agraire) au sein du Ministère de l'Agriculture et de la Révolution Agraire qui avait le monopole sur les constructions agricoles à l'époque. Les responsables du projet sont : Pedroti, Belmans et Houben

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 l'"*Economic Commission of Africa*" des Nations Unies en 1976 [Odul, 1983]. La coopération française dans ce projet rentrait dans le cadre d'une politique de soutien au développement indépendant des anciennes colonies. Elle contribuait au développement de la recherche et des applications architecturales pilotes dont l'utilisation de la terre crue [Encyclopédie du Bâtiment].

IV.2.1. Description architecturale des maisons.

L'orientation des maisons est Sud –Sud Est avec des murs aveugles au nord (Figure IV.04). Cette situation isole parfaitement contre les intempéries et permet en même temps de protéger les jardins des regards indiscrets [Doat et al, 1979] respectant l'intimité recherchée par les villageois et la tradition islamique de privation. Le type de maison ne fait aucune distinction entre l'habitat rural et l'habitat urbain, on utilise ainsi le concept de zone semi-urbaine.

La maison en pisé se développe sur deux niveaux : Les espaces jour au rez de chaussée et les espaces nuit à l'étage avec deux accès différenciés (familial et étranger à la famille), une terrasse et un jardin de 60 m² (Figure IV.03).

La maison est dotée de toutes les commodités de la vie quotidienne : Eau courante froide et chaude, et électricité [Odul, 1983].

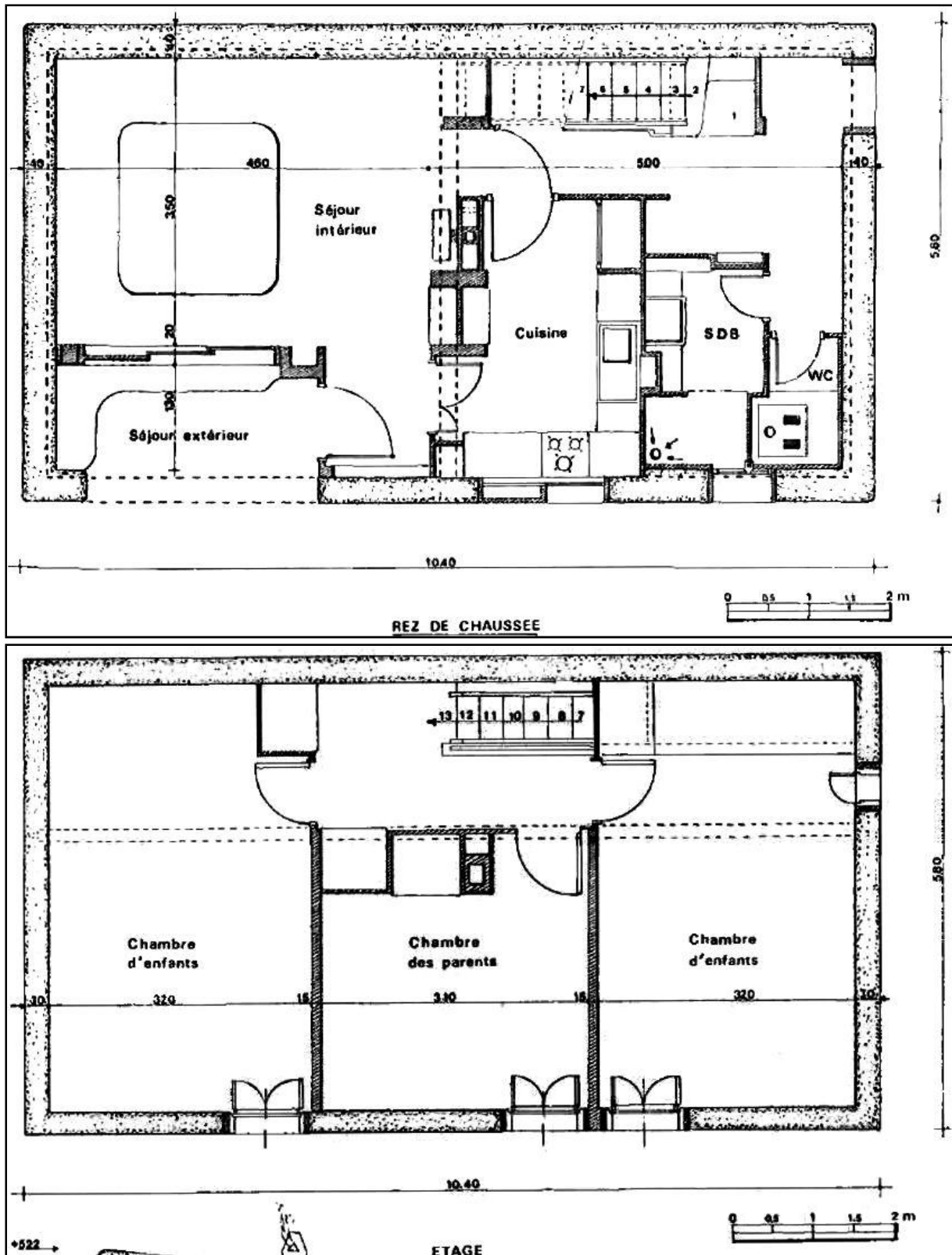


Figure IV.03: Plans types d'une construction en pisé au village Mostefa Ben Brahim [Doat et al, 1979].

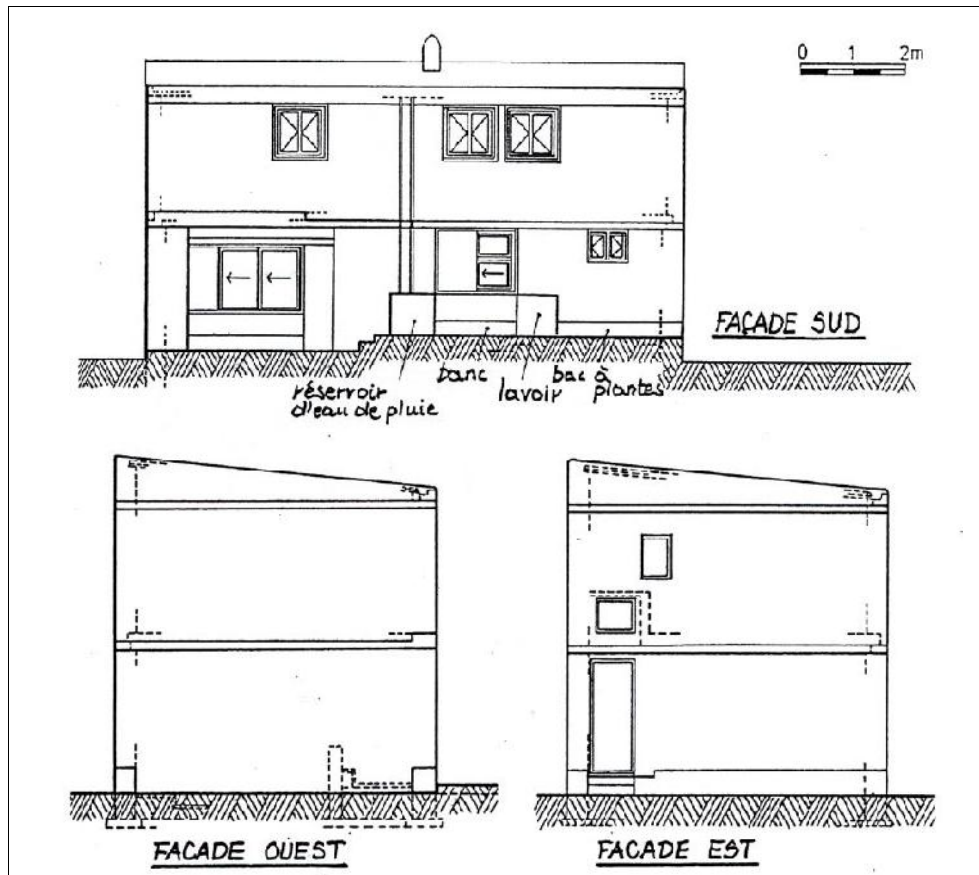


Figure IV.04: Façades types d'une construction en pisé au village Mostefa Ben Brahim [Doat et al, 1979].

IV.2.2. Description du matériau.

Granulométrie: Elle est corrigée par adjonction de 50% de sable de concassage. La courbe granulométrique se confond avec la courbe idéale (Figure IV.05).

Stabilisation: la terre est stabilisée au ciment à raison de 120 kg/m³ de terre compactée (6.2 %).

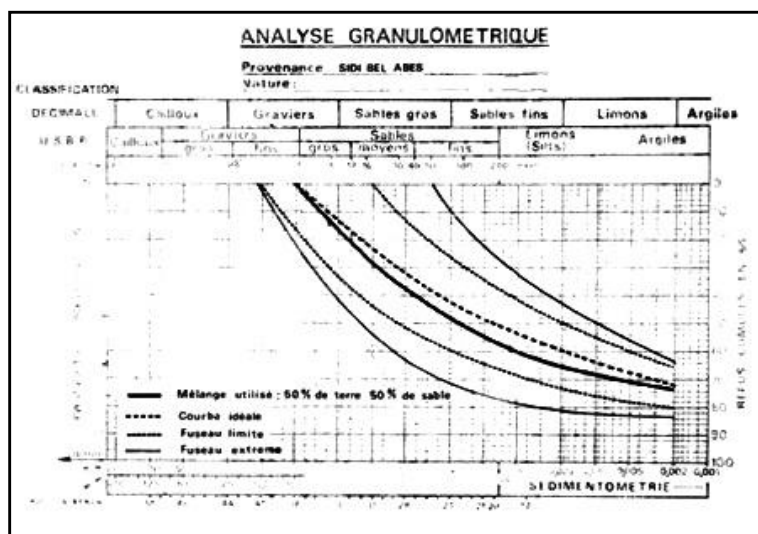


Figure IV.05: Courbe granulométrique du matériau utilisé [Doat et al, 1979].

IV.2.3. Description des gros œuvres.

Tableau IV.01: Descriptif du gros œuvre des maisons en pisé [Odul, 1983].

Fondations	Semelles élargies en béton armé
Soubassements	Béton maigre hydrofugé
Murs extérieurs du rez-de chaussée	Murs porteurs en pisé stabilisé de 40 cm d'épaisseur
Chaînages	10 cm de béton armé
Dalle	12 cm de béton armé
Murs extérieurs de l'étage	Murs porteurs de 30 cm en pisé stabilisé
Toiture	Poutres en bois, bacs galvanisés de 0,75mm
	isolation thermique en béton léger de liège de 6cm, feutre bitumé en pax alu de 3 mm
Acrotère	Pisé stabilisé recouvert de béton maigre arrondi
Murs intérieurs et murs de jardin	Parpaings creux de ciment
Enduits intérieurs	Enduits de chaux, lissé
Enduits extérieurs	Enduits bâtards, finition : crépi
Escaliers	Béton armé
Ouvertures	Pièces préfabriquées en béton armé, menuiseries en bois

IV.2.4. Objectifs du projet.

Lors de la réalisation de ce village, le projet avait les objectifs suivants :

- Montrer la validité du matériau terre ainsi que ses systèmes constructifs et vaincre le blocage psychologique à son égard pour en généraliser l'utilisation.
- Ouvrir des chantiers en mains d'œuvre non qualifiée ne pouvant pas exercer en ville pour freiner l'exode rural.
- Réduire au minimum l'utilisation du ciment, un matériau très coûteux.

IV.2.5. Les aspects positifs du projet.

• Aspects économiques.

Le projet, examiné à la lumière des avantages économiques, peut concurrencer les techniques conventionnelles de construction en Algérie et notamment dans les régions pauvres. En effet selon Odul [1983], les tableaux de la fiche technique du projet montrent que la consommation de ciment peut être réduite de moitié. Il signale aussi l'augmentation des qualités thermiques des habitations, ce qui peut faire des économies sur la consommation d'énergie (chauffage ou climatisation).

• Aspects réglementaires.

Le projet a eu des retombées sur la relance des constructions en terre en Algérie, vu le nombre de projets qui ont été réalisés à travers le territoire [Odul, 1983] comme on peut le constater dans le Tableau 04.

Le CNERIB a initié la plupart des expériences de construction en terre, ce qui a permis de mettre à nu les insuffisances et de maîtriser davantage les techniques de mise en œuvre.

De ce fait, un document de recommandations et de prescriptions techniques a été établi pour réglementer la construction en béton de terre stabilisé (BTS). Mises au point en 1986, puis suivi d'un arrêté ministériel en 1987 (n° 127 du 5 décembre 1987), et suivi par Ceci, il a abouti à l'élaboration de documents techniques réglementaire (DTR).

IV. 3. Méthodologie de la recherche.

Pour comprendre comment ces constructions en terre ont réagi dans le temps, et comment les habitants de ces maisons les perçoivent, les méthodes d'enquête sont utilisées, permettant ainsi de faire sortir les différents éléments qui contribuent à configurer l'image des habitations en pisé. Pour cela, l'enquête de diagnostic [Grawitz, 1990] par interview nous offre l'opportunité de se rapprocher des habitants pour vérifier nos hypothèses.

IV.3.1. Structuration de l'enquête.

La construction du questionnaire est, donc, une nécessité dans le cadre d'une enquête, et la mise au point d'un questionnaire fiable et valide demande un travail attentif et scrupuleux [Berthier, 1998].

Notre enquête est structurée autour de deux objectifs principaux :

- Le premier objectif tente de recueillir les appréciations globales des usagers sur leurs habitations en pisé. Il représente la partie subjective de l'enquête.
- Le second objectif tente de recueillir l'état du bâti des constructions en pisé à travers l'observation des pathologies, et des modifications apportées à ces constructions. Il représente la partie objective de l'enquête.

Dans le premier objectif, nous faisons référence au travail réalisé par GRECO-EAT et EAPB [2002]. Dans son approche, les enquêtes visent à appréhender la satisfaction environnementale d'usagers d'espaces publics urbains.

Pour cela, ils ont élaboré un entretien semi-ouvert où les personnes rencontrées avaient à s'exprimer sur le caractère agréable ou désagréable du lieu. Les éléments énoncés par les usagers ont constitué la base des traitements. Les données sont interprétées et mises en relation avec les données objectives recueillies sur site. Les objectifs de cet entretien se résument en quatre points [Greco-Eat et Apb, 2002]:

- Les éléments environnementaux les plus prégnants dans le discours.
- Les éléments contribuant à la satisfaction ou l'insatisfaction dans l'espace.
- Les attentes ou souhaits en matière d'amélioration de l'environnement.
- Les éléments descriptifs de l'environnement.

Pour le deuxième objectif, nous faisons référence au travail réalisé par Kebaili [2006] où le diagnostic architectural constitue la partie objective du travail. Pour ce faire, il a adopté une méthode préconisée par le CNERIB.

Le diagnostic architectural englobe :

- La fiche de diagnostic qui relève les pathologies et leurs localisations dans les bâtiments.
- La fiche de conformité architecturale qui s'intéresse au respect ou non des règles de bonne conception architecturale des bâtiments en terre.
- La fiche de l'enquête sur l'usage, qui explicite le comportement de l'habitant.

IV.3.2. Conception du questionnaire.

Notre enquête vise à connaître la perception des usagers à l'égard de leurs habitations en pisé. Pour cela, nous avons élaboré un entretien constitué de deux parties :

- **Une partie ouverte**, dont l'objectif est de recueillir les appréciations globales des usagers sur leurs habitations en pisé ainsi que leurs besoins, il était important d'obtenir les aspects agréables et désagréables décrits spontanément. C'est pourquoi nous n'avons pas orienté les habitants sur tel ou tel aspect de l'architecture, car un questionnement fermé les orienterait vers des éléments qu'ils n'auraient pas perçus sans l'enquêteur. A travers les questions ouvertes, nous recherchons à vérifier la part du matériau dans l'évaluation des habitants de leur environnement vécu. Leur perception de l'espace et l'importance qu'ils accordent au matériau dans leur appréciation des habitations en pisé est ainsi exposée.

- **La deuxième partie** de l'entretien renferme les questions à choix ferme. Le thème a été ainsi imposé aux interviewés. Cette partie qualifiée de « directive », canalise l'interview vers des thèmes que nous avons établis au préalable. Toutefois il est important de signaler que l'entretien directif par les consignes inaugurales devrait rester non directif, dans le sens où les réponses sont recueillies tout en laissant à l'interviewé la possibilité de nuancer ses réponses, de les justifier ou de les commenter. Chauchat [1985] l'a décrit comme « un cadre d'investigation précis et préétabli n'est pas incompatible avec la possibilité de s'exprimer librement, voire spontanément ». Les questions fermées portent sur les aspects physiques et les modifications apportées à ces habitations.

Le tableau IV.02 récapitule les objectifs de chacune des questions posées dans la partie ouverte du questionnaire :

Tableau IV.02: Récapitulation des questions posées et objectifs.

<u>Informations générales sur le propriétaire</u>	Nom, prénom, âge, profession	Informations sur l'habitant et analyse de sa familiarisation avec la construction.
	Êtes-vous le premier propriétaire ?	
	Depuis quand habitez vous cette maison ?	
<u>Informations générales sur la maison</u>	Voudriez-vous changer de maison ?	Attachement des habitants à leurs maisons.
	Pourquoi vous restez encore là ?	
	Aimez-vous votre maison ?	Appréciation globale des habitations en pisé.
	Comment trouvez-vous votre maison ?	
	Quels sont les points positifs dans votre maison ?	Les éléments contribuant à la partie positive de perception.
	Quels sont les points négatifs ?	Les éléments contribuant à la partie négative de la perception.
	Que manque-t-il à votre maison ?	Les attentes et souhaits pour l'amélioration des habitations.
	Vous avez peur de quoi dans votre maison ?	Les craintes des habitants envers les constructions en pisé.
	Elle est construite en quoi votre maison ? Que connais-tu de ce matériau ?	Connaissance des habitants du matériau terre.
	Quels sont les problèmes rencontrés dans votre construction (infiltration d'eau, fissures...)?	Connaissance des problèmes de construction et la façon dont on les gère.
	Pouvez vous arranger ces petits problèmes vous-même ?	
Y a-t-il des spécialistes dans le domaine de la terre que vous pouvez solliciter ?		

Les données sont interprétées et mises en relation avec les données objectives de l'enquête relatives à l'observation de l'état du bâti.

IV.3.3. Collecte des données.

40 ans après la construction des maisons en terre au village de Mostefa Ben Brahim, elles sont encore présentes et toutes habitées (Figure IV.06). Nous avons facilement identifié le matériau de construction (la terre) bien apparent suite au décollement des enduits. Nous avons aussi observé des différences entre les maisons, en liaison avec les auto-modifications entreprises par les habitants.



Figure IV.06: Etat actuel des maisons en pisé à Mostefa Ben Brahim.

- **L'échantillon.**

L'échantillon représentatif, est constitué de 15 sujets, avec un taux de représentativité de 50%. Mais finalement l'échantillon réel, à l'aboutissement de l'enquête, n'est constitué que de 12 sujets, ce qui correspond à un taux de représentativité global de 40%. L'abord est effectué d'une manière directe (en face à face) avec les personnes concernées rencontrées dans leurs habitations.

Tableau IV.03: Récapitulation des caractéristiques personnelles des usagers interrogés.

Variable	Echantillon			Total
	Sous variable	Nombre	Pourcentage	
Sexe	Féminin	03	25%	100 %
	Masculin	09	75%	
Propriétés	Premier propriétaire	03	25%	100 %
	Deuxième propriétaire	04	33%	
	Héritier	05	42%	
Tranches d'âge	18 à 30 ans	05	42%	100 %
	30 à 45 ans	04	33%	
	45 à 60 ans	03	25%	

• **Moyens et conditions de collecte.**

La collecte des données avec questionnaires s'est déroulée durant le week-end du 23 au 24 Mai 2014, 12 questionnaires sont donc réalisés en 2 jours de collecte effective, soit une moyenne de cinq à six questionnaires par jour. La durée de l'entretien d'environ 15 à 20 minutes –enregistré pour la plupart- pour chaque personne, a permis d'apporter des éclaircissements pour certaines questions présentant des ambiguïtés liées au contenu ou aux termes utilisés.

La technique du questionnaire présente l'inconvénient lié aux réponses qui peuvent être influencées par l'attitude de l'enquêté à donner une image favorable ou défavorable des habitations en pisé aux yeux de l'enquêteur.

IV.3.4. Traitement des données.

Pour que les données recueillis soient analysables, nous effectuons un codage des réponses (extraites) des interviewés pour constituer une base de données utile au traitement informatique des réponses recueillies. Nous optons pour une analyse statistique à l'aide du logiciel « Excel » qui permet le croisement des données, et le calcul de la fréquence de distributions des différentes valeurs.

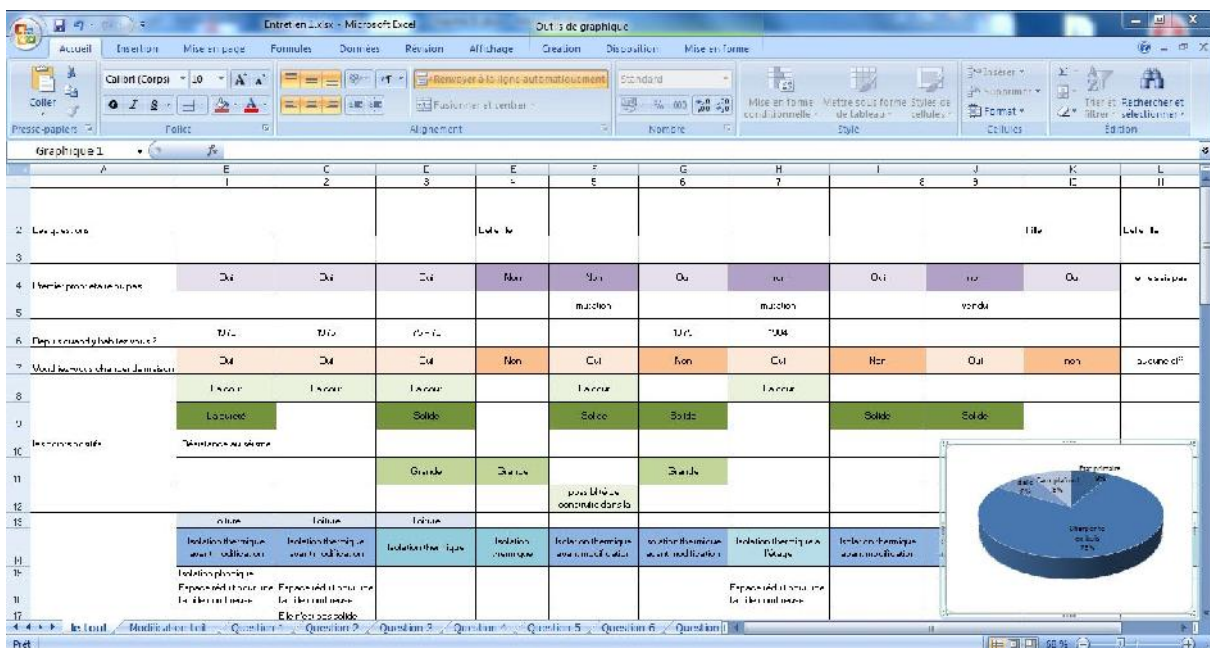


Figure IV.07: Traitement des données par « Excel ».

IV.3.4.1. Attachement des habitants à leurs maisons.

Dans cette section les réponses à deux questions sont analysées, la première étant fermée (Voudriez-vous changer de maison ?), et la deuxième étant ouverte (Pourquoi vous restez encore là ?)

L'attachement des habitants à leurs maisons dépend de ce qu'ils en attendent, ou de ce qu'ils souhaitent avoir. 67 % des habitants concernés veulent bien changer leurs maisons pour

d'autres en béton, et s'ils restent encore, ce n'est qu'une faute de moyens .33% ne trouvent pas d'inconvénients d'y vivre si quelques conditions de plus se rassemblent (Figure IV.08).

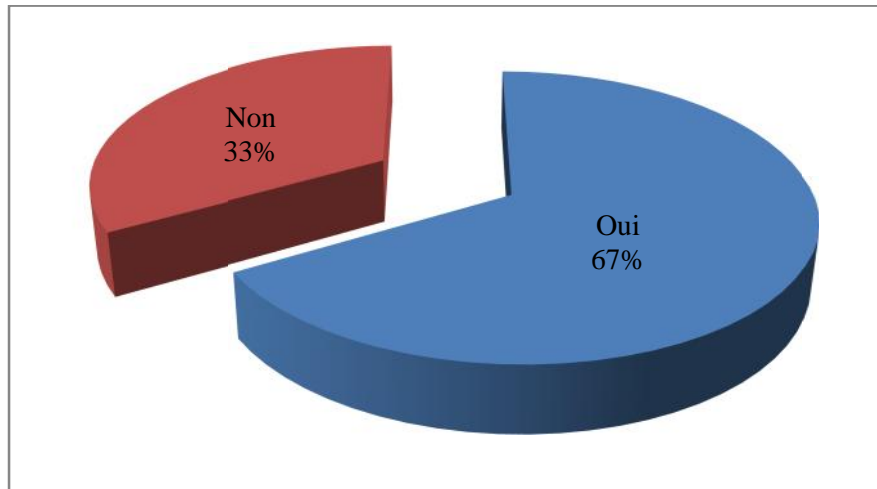


Figure IV.08: Attachement des habitants à leurs maisons.

IV.3.4.2. Appréciations globales.

Dans cette section les réponses à deux questions sont analysées : la première étant ouverte (Aimez-vous votre maison ?), la deuxième est à choix fermé (Comment trouvez-vous votre maison ?)

L'appréciation globale des habitations se lit à travers les aspects évoqués par les usagers comme agréables ou désagréables de l'environnement vécu (Figure IV.09).

L'analyse statistiques des discours recueillis et le croisement des données par rapport aux caractéristiques personnelles nous a permis d'observer l'influence des paramètres les plus significatifs vis-à-vis de la perception des habitations.

Certains habitants ont porté un jugement sur tel ou tel aspect de leurs habitation et ont fait une évaluation globale positive ou négative, c'est la dimension cognitive de la perception, d'autre exprime une sensation, c'est la dimension affective de cette perception.

Les 2/3 des habitants rencontrés font une évaluation plutôt négative et le reste (33 %) évalue positivement leurs habitations.

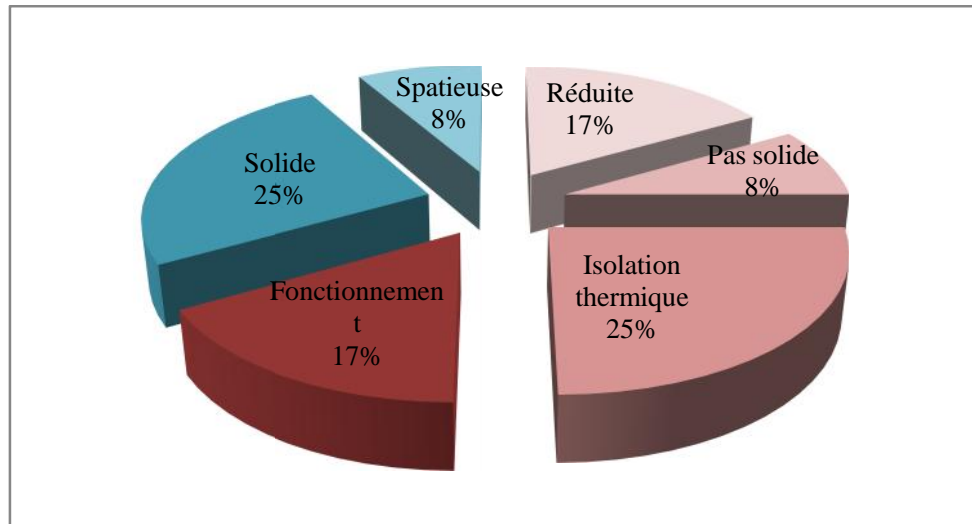


Figure IV.09: Appréciations globales des habitants à leurs maisons.

IV.3.4.3. Le ressenti.

Le ressenti des habitants, se traduit par la satisfaction ou l'insatisfaction. Naturellement, la satisfaction des habitants représente les aspects positifs de la maison, et les aspects négatifs incitent de l'insatisfaction, et donc pour cette section, on va aborder les réponses à deux questions, à savoir :

- Quels sont les points positifs dans votre maison ?
- Quels sont les points négatifs ?

a. La satisfaction.

La satisfaction à l'égard des habitations se rapporte aux facteurs exprimés avec une valence positive (Figure IV.10), ceci concerne essentiellement les paramètres suivants :

- **La solidité :** avec une fréquence de 58 %, la solidité semble constituer l'élément le plus cité en termes de satisfaction à l'égard d'habitations en pisé.

- **L'espace :** Un habitant sur quatre évoque la grandeur des maisons, mais il faut noter que cette minorité occupe l'espace avec un taux d'occupation par logement (TOL) adéquat.

- **L'existence de la cour :** 42% trouvent que la cour est le meilleur avantage de cette habitation.

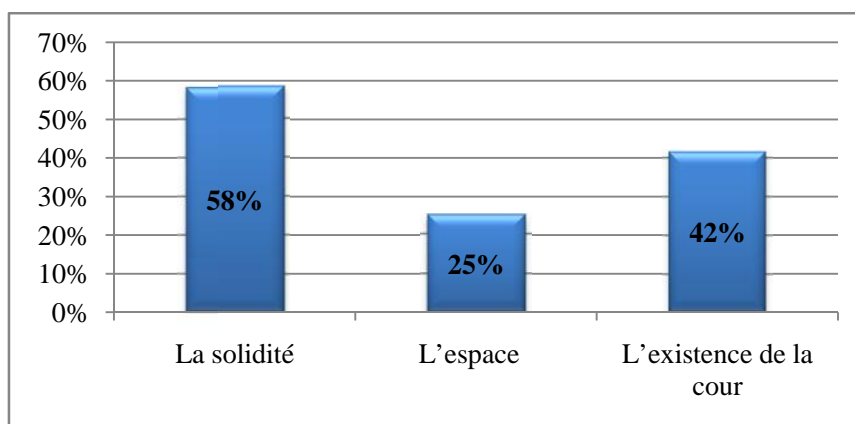


Figure IV.10: Facteurs liés à la satisfaction des habitants.

b. L'insatisfaction.

L'insatisfaction à l'égard des habitations en pisé se rapporte aux facteurs exprimés avec une valence négative (Figure IV.11), elle concerne essentiellement les facteurs suivants :

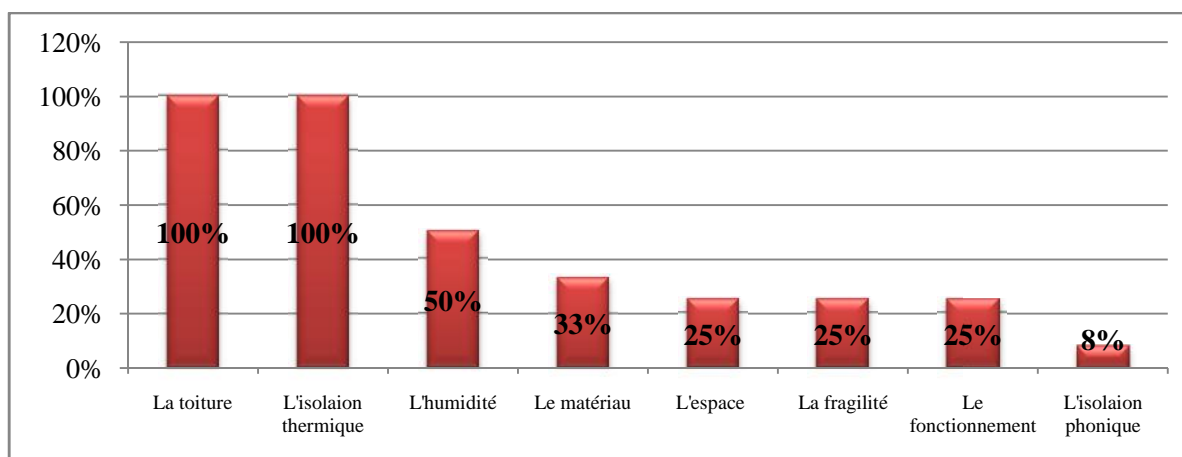


Figure IV.11: Facteurs liés l'insatisfaction chez les habitants.

- **La toiture :** le problème de la toiture fabriquée en TN40 (Figure IV.16) est évoqué par tous les habitants, comme étant ce qui rend la maison invivable, du point de vue isolation thermique ainsi que l'écoulement des eaux de pluie en hiver et l'humidité permanente qu'elle engendre.

- **L'isolation thermique :** toutes les performances de la terre en matière d'isolation thermiques disparaissent à cause de la toiture. En modifiant la toiture, certains habitants ressentent ainsi la différence.

- **L'isolation phonique :** 8% de la population interrogée évoquent le problème d'absence de l'isolation phonique de l'intérieur.

- **L'espace :** Un habitant sur quatre évoque le nombre réduit des pièces, mais il faut noter que ces habitants ne respectent pas le taux d'occupation par logement (TOL) adéquat, il leur arrive même d'être deux à trois familles sous le même toit.

- **La fragilité** : Comme la majorité soutiennent la solidité de leurs maisons, Il y a quand même un interviewé sur quatre qui prétendent le contraire. Ces derniers n'arrivent pas à concevoir la solidité d'une habitation sans armature, ni poteaux ni dalle.

- **L'humidité** : Les tâches d'humidité sur les parois intérieures sont présentes et nettement visibles dans la moitié des cas. Toutefois il faut noter que l'enduit intérieur et extérieur des maisons concernées, n'ont jamais été refait.

- **Le matériau** : Un usager sur trois justifie son insatisfaction par la fragilité du matériau. L'érosion des murs est remarquable surtout aux endroits où ont été posés les échafaudages lors de la construction. Les murs gonflent, et les fissures apparaissent nettement.

- **Le fonctionnement** : La dureté du pisé, limitant ainsi les travaux de modification des constructions, est le cas d'un habitant sur quatre.

IV.3.4.4. Les attentes et craintes des usagers.

En terme d'attente vis-à-vis des habitations en pisé, les deux tiers des usagers souhaitent enduire leurs constructions au ciment, 17 % optent pour une bonne toiture, 8 % désirent une restauration de leurs habitations, alors qu'un usager sur quatre exprime leurs attentes en faisant référence aux maisons "modernes" : il exprime leurs souhaits d'extension en rajoutant des nouveaux espaces (Figure IV.12).

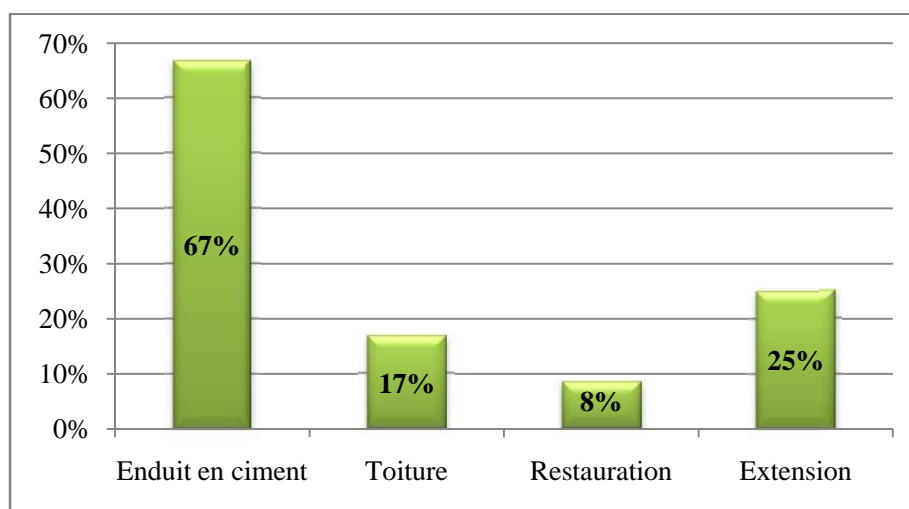


Figure IV.12: Les attentes des usagers.

Contrairement à nos attentes, les craintes des usagers sont minimales (Figure IV.13), et ne touchent que 17 % des cas qui craignent l'effondrement des maisons, et 8 % redoutent les infiltrations d'eau. Ceci prouve que plus de 4 personnes sur cinq se sentent en sécurité dans ces logis en pisé.

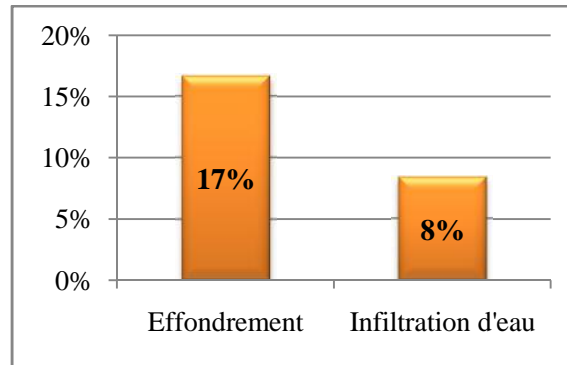


Figure IV.13: Les craintes des usagers.

IV.3.4.5. Connaissance des usagers du matériau.

Les usagers savent très bien que leurs habitations sont construites en terre, mais pour la majorité, cette terre n'est pas ordinaire, ils ont utilisé le terme « analysée », d'autres savent qu'on lui a ajouté du ciment, et d'autres croient que le matériau ajouté est une matière spéciale pour amplifier sa solidité.

Pour les problèmes de réfection, les fissures occasionnées par les pluies sont rafistolées par les habitants eux-mêmes à l'aide du ciment ou du plâtre.

IV.4. Etat actuel des lieux.

IV.4.1. Observation des pathologies.

L'observation des pathologies montre que les désordres les plus fréquemment rencontrés sont les fissures (95% des cas). Elles s'observent au niveau des angles et des baies (Figure IV.14), et elles sont surtout présentes aux abords des emplacements des échafaudages utilisés lors de la construction (Figure IV.15).



Figure IV.14: Fissures au niveau des angles.



Figure IV.15: Fissures en continuité des échafaudages.

La décomposition du matériau et les tâches d'humidité liées aux eaux de pluie sont observables dans 16 % des cas au niveau des toitures non refaites, donc qui sont toujours en TN 40 (Figure IV.16).



Figure IV.16: Humidité sur la toiture.



Figure IV.17: Décollement des enduits.

Le dernier phénomène observé dans 71% des cas, concerne le décollement des enduits en terre (Figure IV.17).

IV.4.2. Modifications réalisées.

La toiture, réalisée avec du TN 14 (Figure IV.16), en offrant une chaleur infernale en été, et un froid insupportable en hiver, est le principal point négatif de ces résidences selon les occupants. Celle-ci n'étant pas durable dans le temps, et causant des risques d'érosion ou de perforation à long terme, dissimule toutes les qualités de la terre en matière d'isolation thermique.

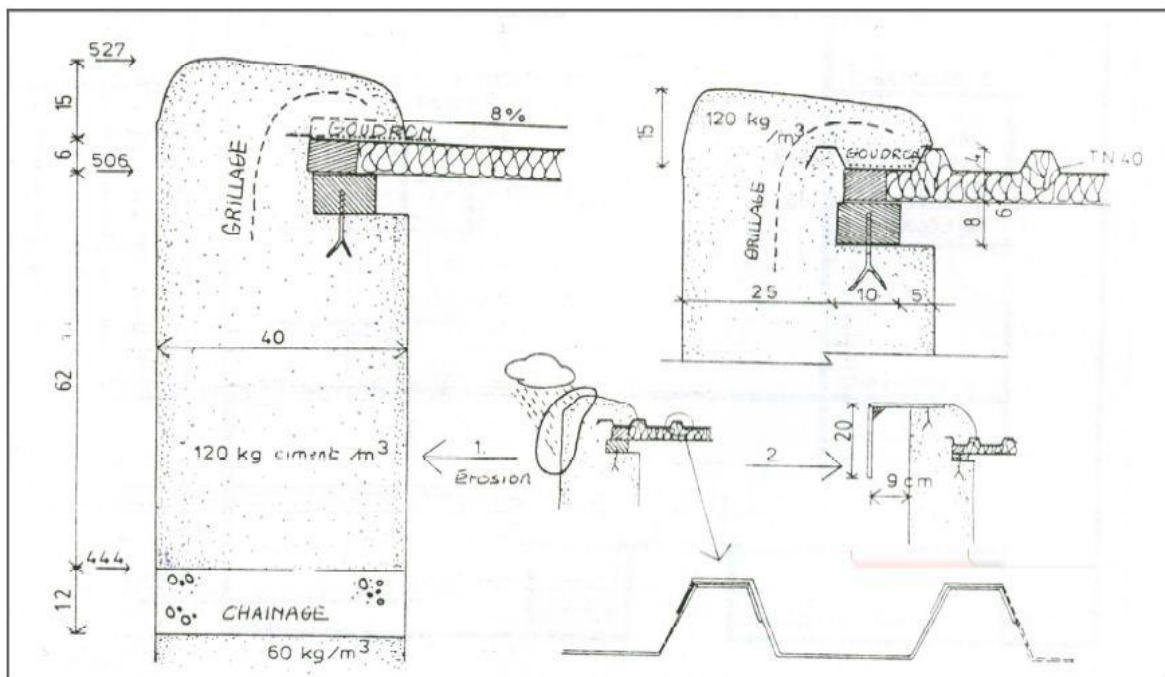


Figure IV.18: Détail constructif de la toiture [Odul, 1983].

L'état de la toiture a poussé 9 habitants sur 10 à faire des modifications. La figure IV.19 qui représente un graphique montrant les différents types de modifications apportés aux toitures.

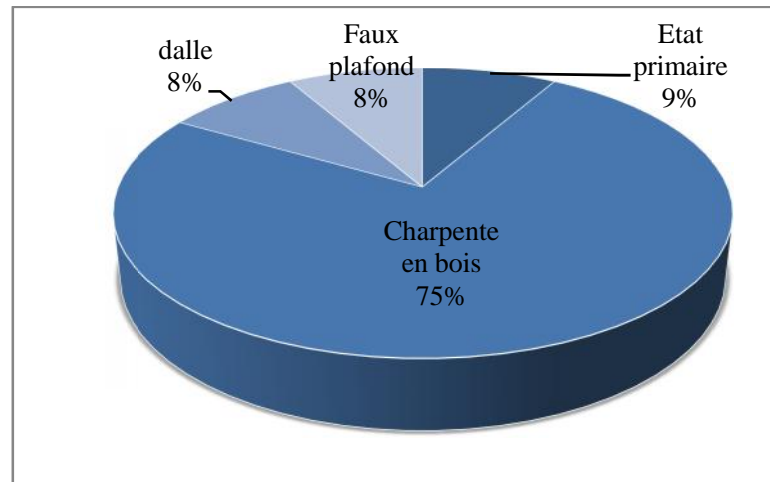


Figure IV.19: Modifications apportées aux toitures.

Selon le graphique, la technique de charpente en bois (Figure IV.20) avec un habillage en tuile est la plus répandue pour la réfection de la toiture. Du point de vue isolation thermique et infiltration des eaux de pluie, les habitants sous ce type de toiture sont entièrement satisfaits.

Un habitant sur 10 a opté pour le faux plafond. Deux procédés sont ainsi utilisés :

- le faux plafond moderne (Figure IV.21) qui s'est effondré, et qui laisse passer les infiltrations des eaux de pluie l'eau de pluie.
- La méthode traditionnelle, avec un lit de roseaux, recouvert de l'intérieur avec du plâtre, tient beaucoup mieux que le faux plafond moderne.

Un autre cas intéressant à signaler est la construction d'une dalle supportée par de nouveaux poteaux en béton armé atteignant le deuxième niveau. Ce qui a le plus attiré notre attention, c'est la fierté du « concepteur », pour lequel la résistance est assurée par l'utilisation du béton armé.



Figure IV.20: Construction d'une charpente en bois.

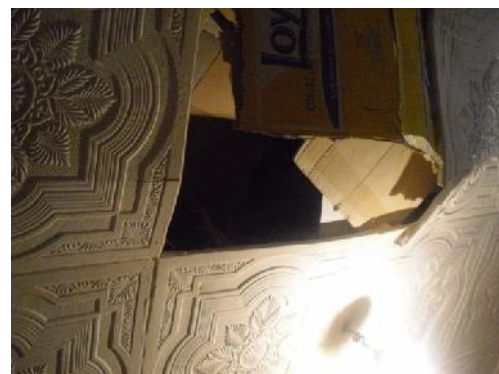


Figure IV.21: Effondrement d'un faux plafond.

Au préalable, la toiture faite en TN14 a poussé les habitants d'ouvrir une fenêtre au premier étage sur la façade nord-ouest pour avoir de l'air frais en été.



Figure IV.22 : Création d'une fenêtre sur la façade nord-ouest.

Pour apporter une touche personnelle à la maison, et pour agrandir les espaces habités de quelque mètre carré, d'autres modifications, très répandues, sont effectuées à l'intérieur de ces résidences telles que (Figure IV.23):

- Agrandissement du salon, en introduisant la véranda, fait par toute la population.
- Installation des salles d'eau (salle de bain et/ou sanitaires) à l'extérieur (la cour), pratiqué par la moitié de la population, et donc l'agrandissement de la cuisine qui est adopté par 5 sur 10 personnes.

D'autres modifications sont propres à quelques usagers, comme :

- Transformation de la cuisine en chambre et l'installation de la cuisine à l'extérieur.
- Transformation de la chambre située au milieu dans le premier étage en hall.
- Construction d'un local donnant sur la rue dans la cour.

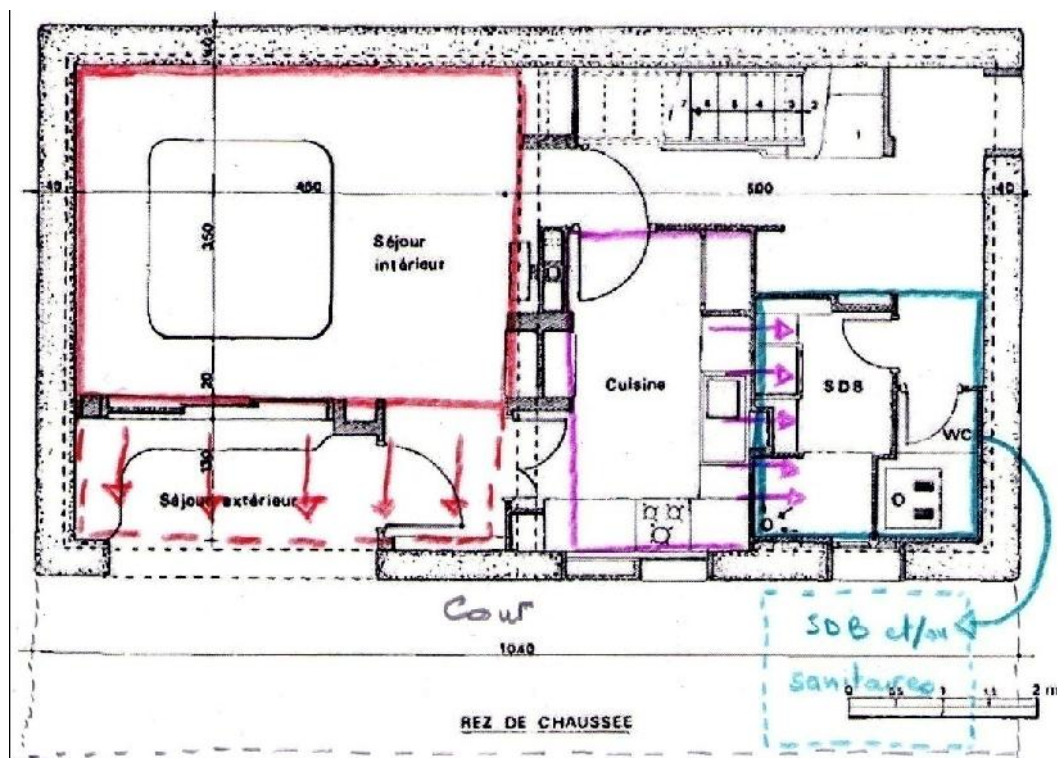


Figure IV.23 : Relevé des Modifications apportées aux habitations [Auteur].

IV.5. Conclusions.

L'étude de cas présenté dans ce chapitre a permis de voir l'état des constructions en pisé faites par l'état, et aussi de comprendre la nature des résistances psychologiques au matériau, et de voir la part qui revient aux caractéristiques du matériau dans cette perception.

L'analyse statistique des discours recueillis est réalisé par le programme Excel. Le croisement des données par rapport aux caractéristiques personnelles a permis d'observer l'influence des paramètres les plus significatifs vis-à-vis de la perception des habitations en pisé.

L'appréciation globale des habitations se lit à travers les aspects évoqués par les usagers comme agréables ou désagréables de l'environnement vécu. Certains habitants ont porté un jugement sur tel ou tel aspect de leurs habitations et ont fait une évaluation globale positive ou négative, c'est la dimension cognitive de la perception, d'autre exprime une sensation, c'est la dimension affective de cette perception.

La satisfaction à l'égard des habitations se rapporte aux facteurs exprimés avec une valence positive, les aspects positifs les plus évoqués sont : la solidité, l'espace et l'existence de la cour.

L'insatisfaction vis-à-vis des habitations en pisé est comprise par rapport aux sentiments implicites qui lui sont associés : mal être ; insécurité, privation. Elle se rapporte aux facteurs exprimés avec une valence négative, elle concerne essentiellement les caractéristiques intrinsèques du matériau, l'état du bâti, le fonctionnement et la forme des habitations.

La partie objective de l'enquête montre que la plupart de ces constructions en pisé sont en bon état, surtout celles dont la toiture a été refaite. Néanmoins, ces habitations souffrent de désordres et de pathologies tels que les fissures, le décollement des enduits et la décomposition du matériau pisé. Même si ces désordres sont dus principalement à des effets environnementaux (pluie et vent), mais l'inconscience des habitants qui n'entretiennent pas leurs maisons ou le font d'une mauvaise manière a accentué la dégradation.

Chapitre V: Présentation et analyse du deuxième cas d'études.

Village Mâatkas, Tizi-Ouzou réalisé par les habitants avec un matériau local (pisé).

V.1. Présentation de la région.

V.2. L'architecture de terre dans la région de Mâatkas.

V.3. Description de la maison kabyle.

V.4. Méthodologie de travail.

V.5. Conclusion.

Le patrimoine désigne, de nos jours, tout ce qui témoigne de l'évolution de la société et entretient le souvenir d'activités humaines abandonnées ou en voie de l'être. L'attention récente portée aux nouveaux patrimoines" traduit bien ce souci de préserver non seulement les édifices majeurs des époques passées mais aussi, comme dans notre cas, les témoignages essentiels pour notre histoire collective que ont entre autres l'architecture rurale, les savoir-faire et les traditions orales. En ce qui le concerne, le patrimoine matériel ne se limite plus aux objets, édifices (chef-d'œuvre) et tissus urbains, mais il va bien au-delà en incluant sites ruraux, paysages naturels, voire de vastes territoires.

De ce fait, vouloir préserver l'architecture locale n'est pas du domaine du passéisme ou de la nostalgie, c'est simplement tirer les enseignements de l'expérience des bâtisseurs qui nous ont précédés [Côte, 1988], et ce faisant, respecter leur labeur. Cette recherche constitue une occasion d'approcher cet habitat rural qui n'a été, jusque-là, que très peu étudié.

Dans la présente étude, nous tenons compte d'une méthodologie interdisciplinaire in-situ permettant d'étudier empiriquement notre domaine d'investigation. Pour ce faire, nous adoptons la méthodologie d'enquête qui est une méthode à indicateurs subjectifs : variables caractéristiques de la perception que les individus ont d'une situation, ou leur réaction face à celle-ci. Ils sont d'ordre expressif et donnent une information qualitative.

Cette partie fait l'objet d'une enquête exploratoire qui cherche à observer le cas d'étude en vue d'une bonne imprégnation de la culture des habitants dans l'esprit de l'enquêteur [Chauchat, 1985]. Elle est une étape indispensable avant l'enquête de diagnostic [Grawitz, 1990].

V.1. Présentation de la région de Mâatkas.

V.1.1. Données géographiques.

Mâatkas est une daïra située dans la wilaya de Tizi-Ouzou dans la région de la Kabylie. La région de Mâatkas est située au sud-ouest de la wilaya de Tizi-Ouzou.

La daïra est composée de deux communes :

- Mâatkas.
- Souk El Thenine

La ville de Mâatkas est d'une altitude de 620 m, et est située à la latitude 36° 36' 43'' Nord et à la longitude: 3° 59' 16'' Est



Figure V.01: Situation de la daïra Mâatkas dans la ville de Tizi-Ouzou

Mâatkas est renommée pour sa poterie millénaire. Chaque année, au cours du mois de Juin, le festival national de la poterie est organisé.

La commune de Mâatkas se compose de 44 villages dont nous avons visité six d'entre eux les plus renommés par l'utilisation de la terre en construction, à savoir :

- Ait Ahmed,
- Ait Zaim,
- Bouhamdoune,
- Icharkiyen,
- Ichaouadhien,
- Thala Hamou.

V.1.2. Données climatiques.

Mâatkas se situe dans la zone du climat méditerranéen avec été chaud. En raison des massifs montagneux qui entourent la ville, il neige chaque année en hiver en décembre pour les hautes altitudes (600 m et plus), et février pour les basses altitudes (Figure V.02).



Figure V.02: Village de Thala Hamou sous la neige.



Figure V.03: Village d'Ait Zaim.

En été, la chaleur est suffocante car l'air marin se heurte au relief montagneux qui l'empêche d'atteindre la ville.

V.1.3. Données urbaines.

A l'image de la majorité des villages de Kabylie, habitat de montagne par excellence, les villages de la région de Mâatkas par leur situation pittoresque, qui couronnent la plupart des saillies anguleuses des contreforts du Djurdjura, ne dérogent aucunement à la règle (Figure V.03).

Ces villages adoptent naturellement la configuration des crêtes sur lesquelles ils sont construits, ils sont généralement longs et étroits, à l'image de la Figure V.03. On est en présence aussi de villages implantés en contre bas des versants avec pour les deux cas la même logique d'implantation, à savoir le pignon contre la pente.

- **Description de Thaddarth (le village).**

Masqueray [1983] définit *Taddèrt* « un mot vague, applicable à tous les groupes de maisons quels qu'ils soient, car il signifie proprement « pluralité de maisons ».

Néanmoins, d'autres définitions de cette entité existent ; elles font apparaître d'autres fonctions : *Tudrin* pluriel du terme *Taddarth* (autre orthographe du mot *taddèrt*) désignant un « lieu de vie », est considéré comme « l'unité politique et administrative fondamentale de la société kabyle » [Basagana et Sayad, 1974].

Le village possède sa propre structure, il est doté d'une organisation socio-économique et politique qui lui permet d'assurer sa propre reproduction physique et sociale [Kaci, 2001].

Généralement, la plupart des villages kabyles de densité très forte, sont construits sur les crêtes, les versants des montagnes ou encore sur les plateaux, « d'où la fréquence, dans les noms des villages, des mots *tawrirt* (colline), *tagemmunt* (mamelon), *agwuni* (plateau), *tizi* (col), etc. » [Basagana et Sayad, 1974].

Et donc, l'appellation des villages est relative soit au lieu, à son orientation, au paysage, à la caractéristique du lieu, et parfois même à un ancêtre [Vicente, 1959].

Ceux-ci se sont formés progressivement ; en effet, au fil du temps, de nombreuses maisons ont été construites accolées les unes aux autres s'ouvrant sur une cour commune : généralement, les occupants possèdent le même nom patronymique. L'ensemble de ces maisons forment un quartier appelé *taxxarubt* (pluriel *ixxerben*) qui, eux-mêmes réunis, constituent *adrum* (pluriel *iddermen*) dont le regroupement forme *taddart* (pluriel *thudrine*) [Bourdieu, 2006].

- **Effet de la topographie sur les formes d'habitats traditionnels.**

L'influence topographique sur la structure spatiale du village est reconnaissable, selon que le village soit établi sur une ligne de crête, sur le versant d'une montagne ou sur son sommet. Les lignes constituées par les rues et les ruelles du village auront un tracé adapté à la configuration du relief.

L'organisation d'un village de sommet décrit un cercle autour de ce dernier où les habitations apparaissent disposées perpendiculairement aux courbes de niveaux. Les rues décrivent ainsi un réseau concentrique.

V.2. L'architecture de terre dans la région de Mâatkas.

En Algérie, la qualité et la diversité des constructions en terre ne sont pas en reste. Elles sont encore visibles dans les zones présahariennes, aux Aurès mais également en Kabylie à savoir à Tizi-Ouzou (villages de Mâatkas, Beni Yenni, Ait Itchir...).



Figure V.04: Maison en terre à Mâatkas.



Figure V.05: Maison en terre à Beni Yenni [Idir, 2013]

Le mode architectural dans la Kabylie repose sur une technique « la terre banchée » où le matériau est damé par assises successives à l'intérieur des coffrages latéraux, qu'on déplace au fur et à mesure de l'avancement des travaux. La maîtrise de cette technique a donné naissance à des villages d'une beauté remarquable, qui s'intègrent parfaitement au paysage environnant. C'est une architecture qui incarne un esprit communautaire, un savoir-faire ancestral et une recherche d'équilibre entre le culturel et le naturel [Zakriti, 2005].

La carte ci-dessous indique les sites visités, qui nous ont permis d'aborder le sujet de manière plus concrète, pour mieux comprendre la situation de l'architecture en terre dans la région.

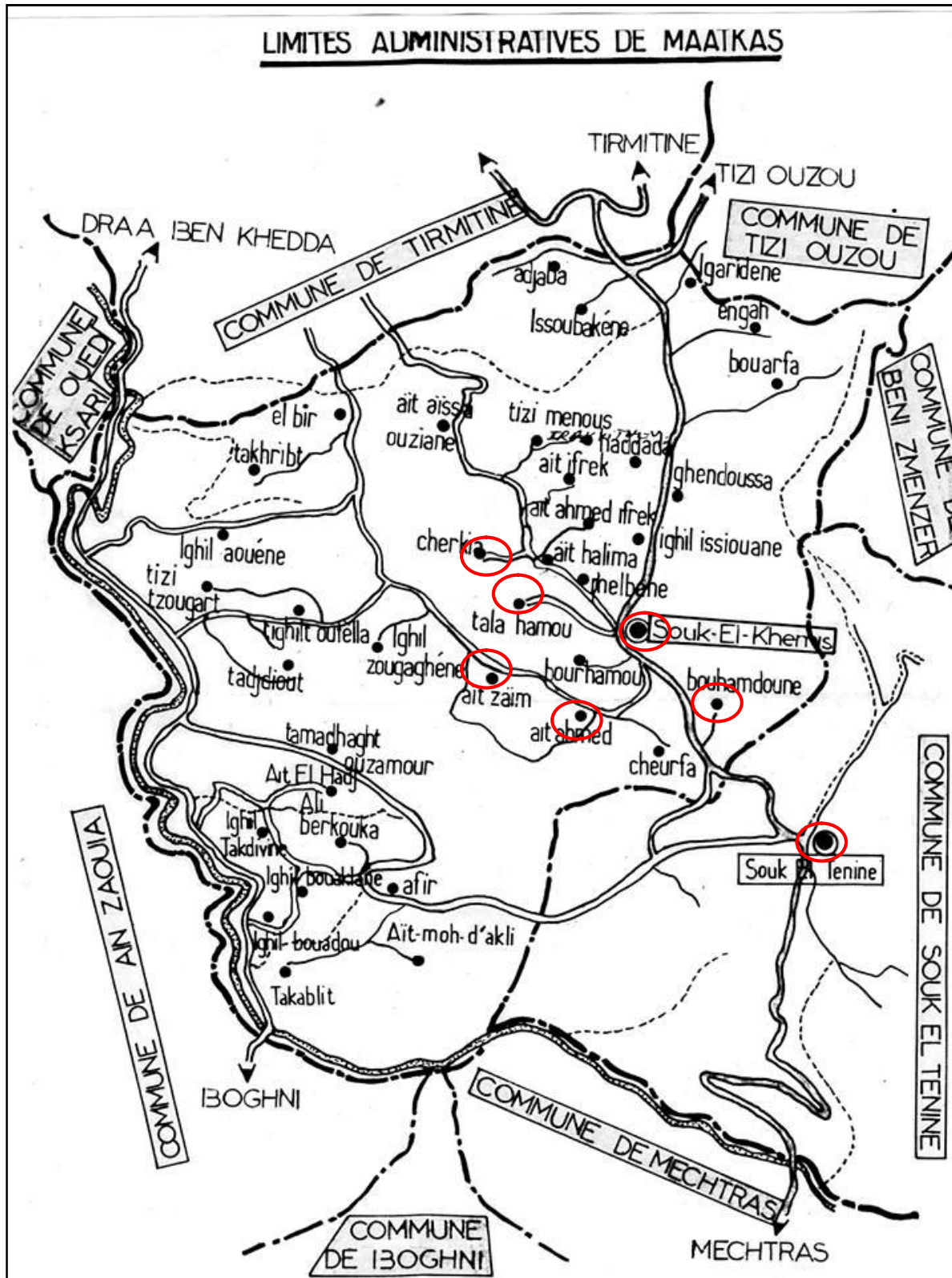


Figure V.06: Les sites visités dans la région de Mâatkas [Commune de Mâatkas].

Bouhamdoune et Icharkiyen étaient des villages connus pour leurs constructions en terre. A notre visite, les habitants ont confirmé que ces constructions existaient, que leurs villages étaient la destination des touristes, des étudiants en architecture et les amoureux du patrimoine et de l'architecture traditionnelle kabyle.

A nos jours, il ne reste que quelques traces de maisons démolies témoignant le passage de cette architecture dans la région.

Dans le village d'Icharkiyen, une initiative a été prise pour la construction d'une maison modèle en terre avec le matériau ancien et les techniques de constructions anciennes qui fera objet d'un musée, ce qui prouve l'intérêt que donne ces villageois à leur architecture et à leur patrimoine, mais n'empêchent qu'ils cherchent toujours le confort et la modernité dans leurs habitations.

Dans les autres villages (Ait Zaim, Ait Ahmed, Ichaouadhien et Thala Hamou), les habitations ne sont pas présentes en force mais il reste quelques unes, généralement en mauvais état, ou restaurées avec des méthodes modernes, ou sinon carrément abandonnés.

D'après nos entretiens, une partie des habitants ont démoli leurs habitations pour en construire d'autres plus solides et plus durables, mais nous avons constaté que ce n'était pas par gaieté de cœur qu'ils l'ont fait, ils se plaignaient du manque d'espace dans leurs anciennes constructions et de ne pas posséder d'autres terrains vierges.

Ils regrettent et constatent les inconvénients de ces constructions, surtout en termes d'isolation thermique dans les périodes froides d'hiver, et chaudes d'été. Des maladies articulaires sont devenues de plus en plus fréquentes.

V.3. Description de la maison kabyle.

L'architecture traditionnelle kabyle, telle que construite par nos ancêtres, répondait à une certaine logique constructive, mais aussi aux besoins d'antan. Elle présentait notamment l'avantage de ne pas dénaturer le paysage [Alili, 2013].

Axxam, mot amazigh désignant la « maison » ou l'« habitat » peut, dans un sens plus large désigner également la « famille » [Basagana et Sayad, 1974]. La maison traditionnelle kabyle ou *Axxam* se développait au fur et à mesure que la famille s'agrandissait. En effet, à côté de la maison du père, se construisait celle du fils.

L'architecture de ces maisons, qu'elle fût en pierre ou en pisé, c'est-à-dire érigées à partir de matériaux rudimentaires existant dans la nature et dans l'environnement immédiat présentait également une certaine uniformité. Généralement, on retrouvait cette uniformité dans la fonctionnalité intérieure des maisons, dans leur gabarit ainsi que dans leur compacité, laquelle permettait de réduire les surfaces exposées à l'extérieur, et ainsi, de lutter contre les rudes conditions climatiques en limitant les déperditions calorifiques. Toujours dans cette optique climatique, mais également dans le but cité plus haut, celui de la préservation de l'intimité de la famille, les constructeurs limitaient les ouvertures vers l'extérieur dont les dimensions étaient réduites [Alili, 2013].

L'emplacement des maisons dans ces sites montagneux faisait que chacune surplombait l'autre. « La maison traditionnelle est de dimensions réduites, et à plan rectangle, presque jamais à plan carré » [Basagana et Sayad, 1974] avec des dimensions presque toujours similaires.

V.3.1. Composition de la maison kabyle.

La maison est la même partout en Kabylie [Kaci, 2006]. Elle est d'une immense stabilité. Ses dimensions intérieures moyennes sont de 6,5 m de longueur, 4 m de largeur et 3 à 3,5 m de hauteur. Néanmoins, chaque maison possède un niveau de personnalisation de l'aménagement intérieur.

La maison, de plan rectangulaire, abrite les gens et les bêtes qui vivent sous le même toit. Il n'existe cependant pas de confusion : l'étable (addaynin) occupe environ un tiers de la superficie totale et la partie réservée aux gens (taqaat) occupe les deux tiers. Une soupente (thaârichth) existe au-dessus de l'étable. On distingue trois parties essentielles dans la maison (Figure V.7) : il y a division bipartite en longueur, mais aussi en hauteur, donc division tripartite au total avec l'addaynin, la thaârichth, et la tigersert [Lieberherr, 2006].

En plus de la salle commune, la maison dans la région de Mâatkas comprend deux autres chambres, en duplexe dans la plupart des cas et une cour clôturée, plantée la plupart du temps de vigne (Figure V.08).

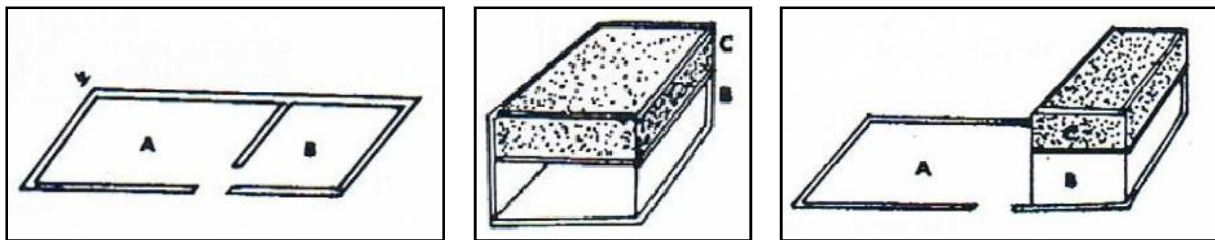


Figure V.07: La division tripartite de la maison kabyle [Basagana et Sayad, 1974]

A: Taqaat, B: Addaynin, C: Taaricht.

Pour mieux comprendre ces espaces. La figure V.08 représente un plan type de la maison kabyle faite en pisé, le plan est le relevé de l'habitation de la famille Kacet au village d'Ait Zaïm réalisé par l'auteur.

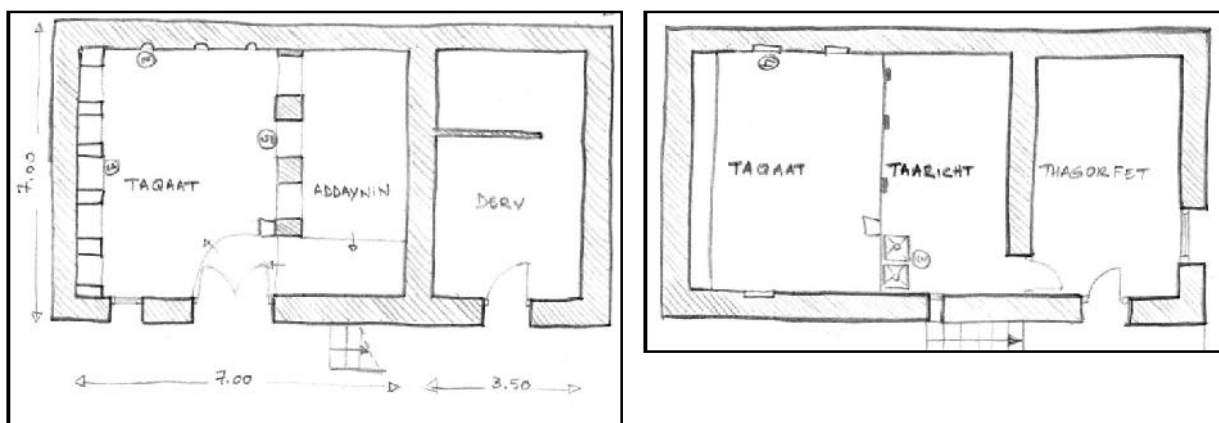


Figure V.08: Relevé d'une maison kabyle à Ait Zaïm [Auteur].

Les définitions qui sont généralement données à chacune de ces parties respectives sont les suivantes :

V.3.1.1. *Taqaat*.

C'est l'espace de vie de la maison, On y met les pieds, juste après avoir franchi le seuil de la porte d'entrée (Figure V.09) il est de forme «sensiblement carrée, sans fenêtre et sans cheminée, où se creuse le foyer dans un sol de terre battue, la fumée s'échappe en filtrant par les interstices du toit». [Maunier, 1926]. *Taqaat* sert d'espace de préparation des repas, surtout en hiver, mais aussi de travail (tissage) et de dortoir. C'est un espace exclusivement réservé aux femmes la journée, les hommes n'y viennent que pour manger ou dormir.



Figure V.09: Vue sur *Taqaat*. Ait Zaim - Mâatkas [Auteur].

V.3.1.2. *Taaricht*.

Située au-dessus de l'étable (Figure V.10), *taaricht* est un emplacement abritant tantôt les *akoufi*, tantôt les jeunes mariés ou les autres enfants lorsque la famille se sent à l'étroit. On y accède à partir d'un escalier très raide qui sert également de rangement aux ustensiles, *taaricht* n'est pas fermée. Elle ne possède pas de mur qui la sépare du reste de la maison. Elle n'est séparée de cette dernière que par les piliers. Elle reste un espace ouvert vers lequel on peut regarder [Aliane, 2008]. C'est la seule pièce de la maison qui possède des fenêtres de petites dimensions.



Figure V.10: Vue sur *Taaricht* à Thala Hamou – Mâatkas.

V.3.1.3. *Addaynin*.

Addaynin ou l'étable comme dans toutes les maisons Kabyles est la partie de la maison qui sert comme abri aux animaux domestiques. Situé toujours en contrebas du premier niveau de la maison qui est *taqaat* (Figure V.12), il était utilisé pour héberger des animaux de toutes sortes (généralement des vaches, des chèvres et des moutons) ou alors pour entreposer le bois de chauffage, le fumier ... (Figure V.11) légèrement en pente pour faciliter l'évacuation du fumier vers l'extérieur, au moyen d'un trou aménagé dans le mur pignon de l'étable. Par ailleurs cet espace faisait office de chauffage pour la maison en égard à la chaleur dégagée par les animaux [Alili, 2013].

On y accède par un petit passage étroit présentant une forme de pente ou une marche. Cette étable donne sur la grande salle par une sorte d'ouvertures par lesquelles, on fait passer aux animaux leurs aliments, « Le mur de séparation est percé d'ouvertures, si bien qu'hommes et bêtes vivent dans l'intimité les uns des autres. » [Morizot, 1985].



Figure V.11: Vue sur *Addaynin*.
Ichaouadhien - Mâatkas.

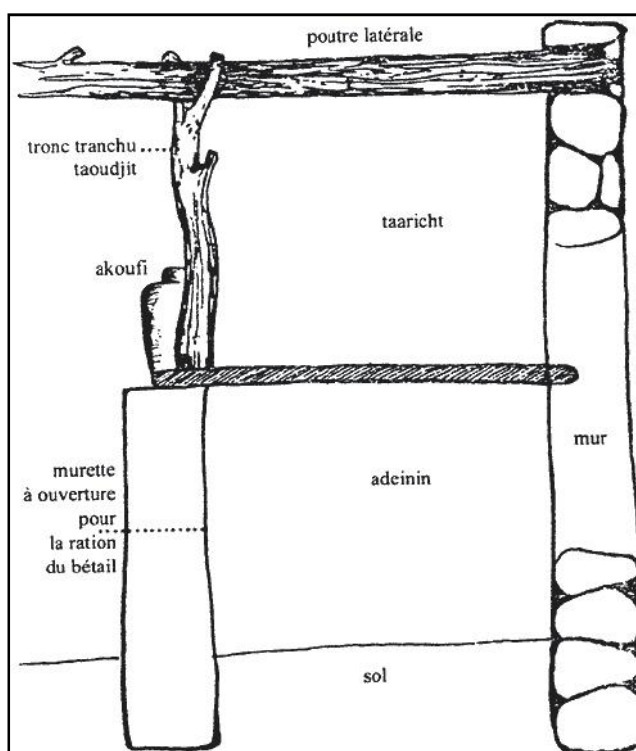


Figure V.12: Représentation de l'emplacement de *Taaricht* et *Addaynin* [Micareau - 1976].

V.3.1.4. *Thagorfet*.

C'est un espace situé en élévation, soit au dessus de *asqif* soit au dessus de *taxxamt*.

Il est considéré comme une pièce où l'on peut dormir, mais aussi où l'on range les réserves. S'il n'existe pas, cet espace est rajouté lorsque la famille s'agrandit et on y accède à partir d'un escalier qui peut toutefois être remplacé par une échelle.

V.3.1.5. *Derv*.

C'est un espace situé au dessous de *Thaghorfet*, destiné à être utilisé comme un rangement ou dans certains cas, comme une cuisine, où l'on prépare les repas.

V.3.1.6. Les niches de rangement ou d'exposition et les *akoufi*.

Pour plus de confort et une meilleure organisation de la maison, le villageois intègre des niches dans les murs et construit des silos de rangements appelés *ikoufan*. Les niches sont situées à hauteur d'homme afin que les habitants puissent ranger leurs ustensiles, exposer leurs décorations, elles servent également comme emplacement pour éclairer les pièces à l'aide de bougies ou autres.

Elles sont réalisées lors de la construction des murs, leurs dimensions sont très réduites, elles avoisinent les 40 cm de largeur, de longueur et même de profondeur. Les *ikoufan* (sing. *akoufi*) sont de vastes récipients de terre crue qui, dans les maisons de Kabylie, servent à entreposer les réserves alimentaires d'origine végétale : grains, fèves, figes sèches, caroubes, glands... [Alili, 2013].



Figure V.13: Vue sur Les niches de rangement et les *akoufi* .

V.3.2. Technique de construction de la maison kabyle.

Elle s'étend en longueur et le système de charpente est d'une grande précarité. Elle se distingue par son toit de 12 chaumes. Ainsi, la maison kabyle appartiendrait-elle à une longue et très ancienne " architecture à terre " qui, elle même serait l'héritière des architectures rurales pré-médiévales. D'après les éléments historiques et archéologiques dont nous disposons, ce type d'habitat s'est en fait présenté sous forme de maisons éclatées, composées de plusieurs cellules (de 3 à 4 m de côté) proches, mais séparées, répondant chacune à une destination précise : logement des hommes et des animaux, abri des récoltes, jardin clos [Kaci, 2006].

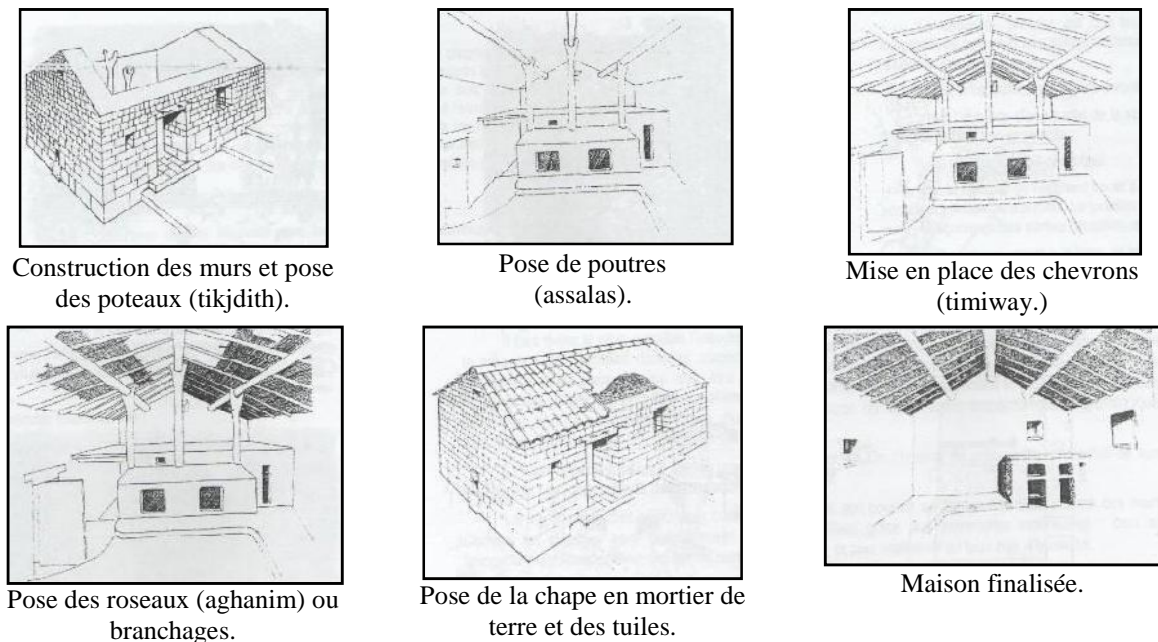


Figure V.13 : Les différentes étapes de la construction de la maison kabyle [Kaci, 2001].

La figure V.13 présente les étapes de construction d'une maison kabyle à partir de la pose des *tikjdith* jusqu'à la finalisation.

V.4. Méthodologie de travail.

Les constructions en terre sont très présentes dans la région, certaines sont toujours occupées, d'autres abandonnées. Mais pour mieux comprendre la perception de ces habitants, comme au chapitre précédent, nous avons recouru aux méthodes d'enquête pour comprendre les différents éléments contribuant à produire l'image des habitations en pisé. L'enquête de diagnostic [Grawitz, 1990] par interview nous rapproche des habitants pour vérifier nos hypothèses.

V.4.1. Structuration de l'enquête.

L'objectif de notre enquête est de recueillir les appréciations globales des usagers sur leurs habitations en pisé. Ce qui représente la partie subjective de l'enquête. Quand à la partie objective, elle est concrétisée par l'observation de l'état du bâti, et des différentes pathologies.

Nous faisons encore référence au travail réalisé par GRECO-EAT et EAPB [2002], pour appréhender la satisfaction environnementale d'usagers d'espaces habités (cf IV.3.1).

Le travail de Kebaili [2006] nous sera d'une grande aide, puisque nous allons utiliser la fiche de diagnostic qui nous relèvera les différentes pathologies et leurs localisations.

V.4.2. Conception du questionnaire.

Notre enquête vise à connaître la perception des usagers à l'égard de leurs habitations en pisé. Pour cela, nous utilisons le même entretien que dans le chapitre IV.3.2, le tableau IV.02 résume les questions posées et leurs objectifs.

V.4.3. Collecte des données.

La collecte des données est faite dans plusieurs villages de la région, à savoir Aït Zaim, Thala Hamou et Ichaouadhien, les habitations sont encore existantes, mais de moins en moins habitées, plusieurs constructions ont été démolies pour reconstruire à leur place, d'autres sont complètement à l'abandon (Figure V.14).



Figure V.14: Etat actuel des constructions en pisé à Ichaouadhien.

Le matériau de construction est bien apparent. Les dernières constructions en terre datent de 2000 et 2006, représentant un poulailler non achevé (Figure V.15) et une chambre (Figure V.16). Ce qui explique que ce matériau et cette technique de construction sont totalement abandonnés, même si les vieux sont encore vivants dans la région.



Figure V.15: Poulailler non achevé à Ichaouadhien.



Figure V.16: Maison construite en 2006 à Aït Zaim.

- **L'échantillon.**

L'échantillon représentatif, est constitué de 12 sujets, la sélection des échantillons n'était pas facile à faire puisque la majorité des maisons en terre étaient abandonnées, sans oublier que la dispersion dans l'espace de ces échantillons. L'abord est effectué d'une manière directe (en face à face) avec les personnes concernées rencontrées dans leurs habitations.

Contrairement aux sujets de Sidi Bel Abbes, les habitants de la région de Mâatkas, quelque soit leur âge ou sexe, ont une bonne connaissance et appréhension du matériau. Ce fait nous permet de faire une meilleure approche.

Tableau V.01: Récapitulation des caractéristiques personnelles des usagers interrogés.

Variable	Echantillon			Total
	Sous variable	Nombre	Pourcentage	
Sexe	Féminin	06	50%	100 %
	Masculin	06	50%	
Propriétés	Premier propriétaire	05	42%	100 %
	Deuxième propriétaire	00	00%	
	Héritier	07	58%	
Tranche d'âge	18 à 30 ans	02	17%	100 %
	30 à 45 ans	02	17%	
	45 à 60 ans	04	33%	
	Plus que 60 ans	04	33%	

- **Moyens et conditions de collecte.**

La collecte des données à l'aide du questionnaire s'est déroulée durant deux séjours, le premier du 09 au 12 Avril 2014 et le deuxième du 08 au 09 Juin de la même année, période pendant laquelle nous avons pu collecter 12 questionnaires pour 6 jours de collecte effective, soit une moyenne de deux questionnaires par jour. La durée de l'entretien était d'environ 15 à 20 minutes par individu –enregistré pour la plupart-, une durée qui nous a permis d'apporter certains éclaircissements quant aux questions présentant certaines difficultés liées au contenu ou aux termes utilisés (généralement en langue kabyle).

La technique du questionnaire présente la difficulté de s'appuyer exclusivement sur le langage, celui du chercheur et ceux des diverses catégories d'enquêtés. De ce fait, nous travaillons uniquement sur un discours verbal, ce qui pose le problème du sens et de l'interprétation. Les autres difficultés sont liées à la formulation des questions et à l'analyse du contenu des réponses. Mais l'avantage présent, c'est la connaissance de chaque individu, quelque soit son âge ou son sexe, de la technique de construction en terre, ce qui a facilité notre tâche.

V.4.4. Traitement des données.

Comme dans le chapitre précédent, Nous avons opté pour une analyse statistique sur le logiciel « Excel » permettant le croisement des données, et le calcul de la fréquence de distributions des différentes valeurs (Figure IV.07).

V.4.4.1. Attachement des habitants à leurs maisons.

Dans cette section les réponses à deux questions sont analysées, la première étant fermée (Voudriez-vous changer de maison ?), et la deuxième étant ouverte (Pourquoi vous restez encore là ?) pour les gens qui habitent leurs constructions en terre. Il faut noter qu'y a

une catégorie qui n'habite plus ces constructions, mais qui y tiennent toujours, généralement par nostalgie.

L'attachement des habitants envers leurs maisons dépend de ce qu'ils attendent de leurs maisons, de ce qu'ils voudraient avoir. 22% des habitants rencontrés voudront changer leurs maisons pour d'autres en béton, et s'ils restent encore, ce n'est qu'une faute de moyens. Un individu sur trois (33%) ne trouve pas d'inconvénients d'y vivre et le reste (45%) gardent leurs maisons, mais vivent plutôt dans de nouvelles constructions en béton (Figure V.17).

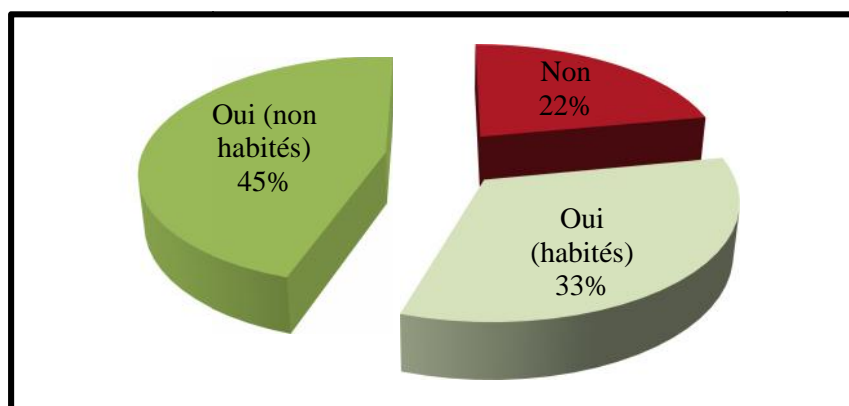


Figure V.17: Attachement des habitants à leurs maisons.

Pour résumer la situation, il n'y a que les personnes âgées (les premiers propriétaires de ces constructions) qui y tiennent vraiment et refusent de vivre ailleurs quelque soit les conditions. Les autres catégories de personnes moins âgées, encouragées par l'aide étatique d'auto-construction rurale sont prêtes à quitter les maisons en terre et construire de nouvelles. Mais cette catégorie de personnes se divise en deux :

- Ceux qui disposent d'espace foncier pour construire une nouvelle maison sans toucher à l'ancien (ceux qui représente les 44% dans la figure V.17)
- et ceux qui n'ont pas de terrain pour construire et sont ainsi obligés de démolir l'ancien. Il faut noter, que cet entretien exclut cette dernière catégorie.

V.4.4.2. Appréciations globales.

L'appréciation globale des habitations se lit à travers les aspects évoqués par les usagers comme agréables ou désagréables de l'environnement vécu.

L'analyse statistique des propos recueillis et le croisement des données par rapport aux caractéristiques personnelles nous permettent d'appréhender l'influence des paramètres les plus significatifs vis-à-vis de la perception des habitations.

Certains habitants ont porté un jugement sur tel ou tel aspect de leurs habitation et ont fait une évaluation globale positive ou négative, c'est la dimension cognitive de la perception, d'autre exprime une sensation, c'est la dimension affective de cette perception.

Plus de la moitié (57 %) des habitants rencontrés font une évaluation négative et le reste (43 %) évaluent positivement leurs habitations, mais on remarque qu'aucun de ces jugements n'est en relation directe avec le matériau (Figure V.18).

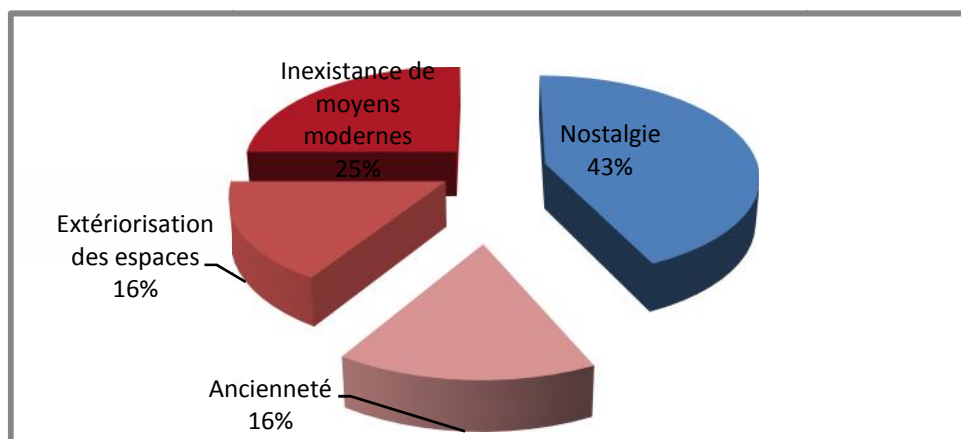


Figure V.18: Appréciations globales des habitants à leurs maisons.

V.4.4.3. Le ressenti.

Le ressenti des habitants, se traduit par la satisfaction ou l'insatisfaction. Naturellement, la satisfaction des habitants représente les aspects positifs de la maison, et les aspects négatifs incitent de l'insatisfaction, et donc pour cette section, on va aborder les réponses à deux questions, à savoir :

- Quels sont les points positifs dans votre maison ?
- Quels sont les points négatifs ?

a. La satisfaction.

La satisfaction à l'égard des habitations se rapporte aux facteurs exprimés avec une valence positive (Figure V.19), ceci concerne essentiellement les paramètres suivants :

- **La nostalgie:** La nostalgie semble inciter un habitant sur trois à garder leurs anciennes maisons. Une des habitations, à moitié détruite à Ait Zaïm, qui était un refuge pour les combattants de la guerre de libération nationale, lui donne une valeur inestimable à l'égard de son propriétaire.

- **L'isolation thermique:** L'élément le plus cité en terme de satisfaction à l'égard des habitations en pisé, est l'isolation thermique pendant la saison estivale, approuvé par plus de la moitié (58%) des habitants.

- **Regroupement des espaces:** Une personne sur dix trouve que le principal avantage des ces maisons c'est d'avoir tout dans le même espace, mais

- **Solidité:** Une faible minorité, constituée de personnes âgées du métier, trouve leurs maisons en terre plus solide que celles en béton.

- **Avoir un espace de plus:** 16% des personnes concernées, qui ont tous construit de nouvelles maisons en béton, trouvent que l'avantage est d'avoir une ancienne maison comme un espace de plus.

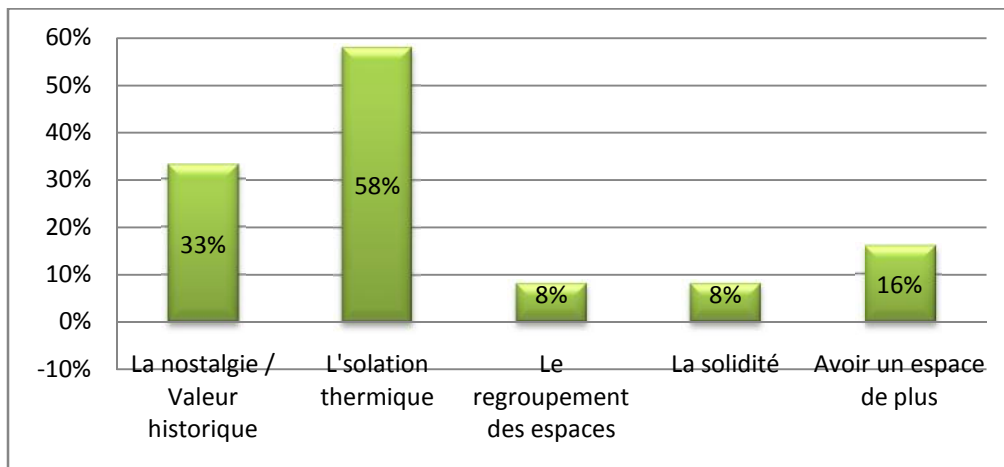


Figure V.19: Facteurs provoquant la satisfaction chez les habitants.

b. L'insatisfaction.

L'insatisfaction à l'égard des habitations en pisé se rapporte aux facteurs exprimés avec une valence négative (Figure V.20), et concerne essentiellement les facteurs suivants :

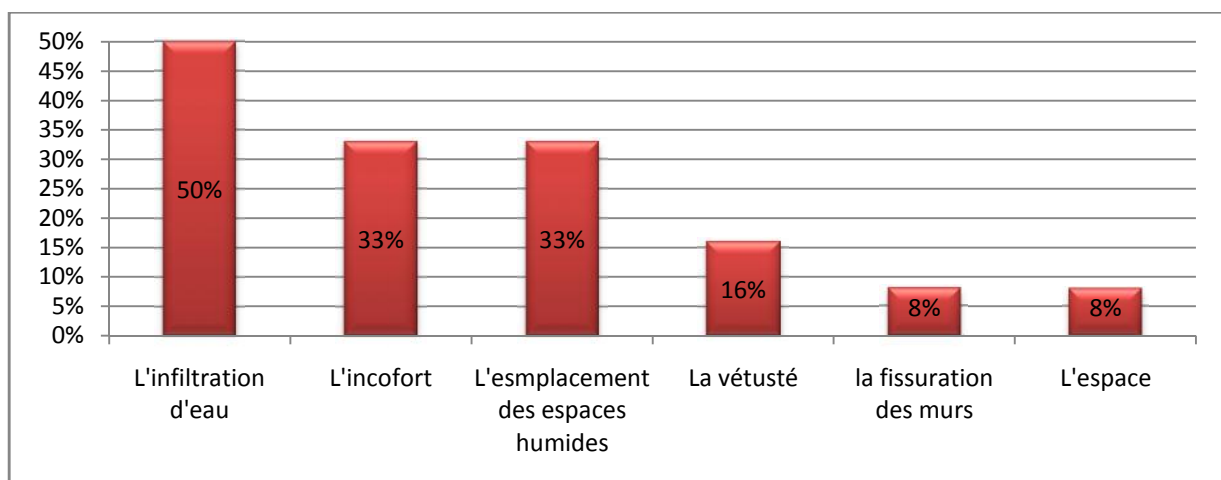


Figure V.20: Facteurs provoquant l'insatisfaction chez les habitants.

- **L'infiltration d'eau:** le problème d'infiltration d'eau, évoqué par la moitié des habitants, rend la maison insupportable vivable en hiver.

- **L'inconfort :** l'absence des couloirs desservant les chambres individuelles accessibles l'une à l'autre sans obligation de sortir à l'extérieur semble être un problème important puisqu'il est évoqué par une personne sur trois. La promiscuité est un phénomène social qui touche la globalité des architectures modernes.

- **L'emplacement des espaces humides à l'extérieur** : Un sujet sur trois désapprouve l'emplacement des sanitaires, des douches et de la cuisine qui est à l'extérieur, ce qui les obligent de sortir pour faire leurs besoins quotidiens.

- **La vétusté** : 16% des usagers associent leur insatisfaction à la fragilité du matériau qui se décompose des fois, et qui accentue la vétusté des lieux..

- **La fissuration des murs** : 8 % des habitants ont exprimé la présence des fissures dans les murs nécessitant un entretien permanent du matériau, chose que les personnes âgées faisaient annuellement.

- **L'espace** : même si les maisons kabyles abritaient des familles assez nombreuses, 8% des habitants pensent que c'est devenu impossible pour une ancienne maison d'abriter plus qu'une famille.

V.4.4.4. Les attentes et craintes des usagers.

En terme d'attente vis-à-vis des habitations en pisé, 78 % des usagers ne souhaitent rien (Figure V.21), ces 78% comprend les personnes ayant construit ailleurs et qui n'attendent rien de leurs maisons, et les personnes âgées qui ont toujours vécu dans ces maisons en terre et que rien ne sera meilleur à leurs yeux. Les 22% restants souhaitent changé de maisons et abandonné celles en terre.

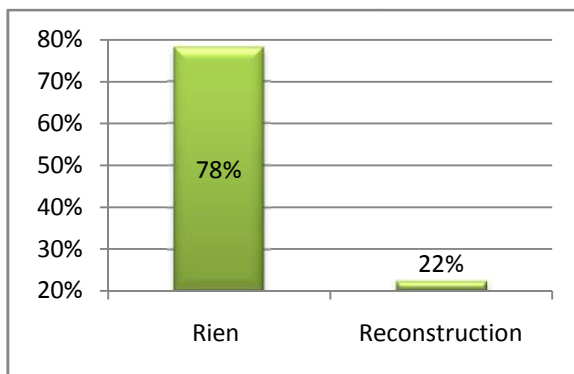


Figure V.21: Les attentes des usagers.

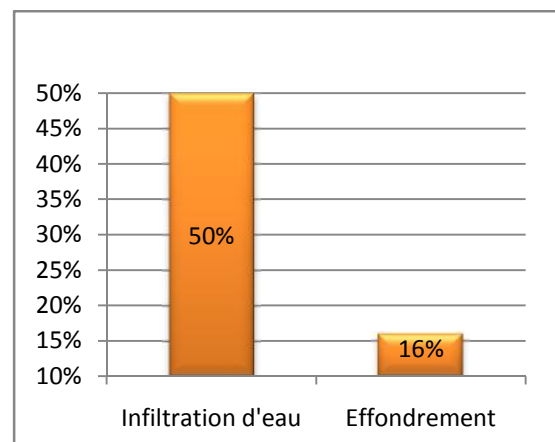


Figure V.22: Les craintes des usagers.

Les craintes des usagers se situent à deux niveaux (Figure V.22):

- L'infiltration des eaux de pluie citée par la moitié des sujets souffrants de ce problème durant la saison hivernale
- L'effondrement, n'est cité que par deux personnes n'habitant plus les lieux.

V.4.5. Connaissance des usagers du matériau.

Malgré que les usagers, tout âge et tout sexe confondu, soient conscients que leurs habitations sont construites en terre, et maîtrisent les performances du matériau « terre » et la technique de construction (préparation et utilisation du matériau), personne ne pratique plus cette technique de construction. Vraisemblablement, ces pratiques traditionnelles demandant beaucoup plus d'efforts physiques, et de temps, ne conviennent pas à la population rurale.

V.5. Conclusion.

L'étude de cas présenté dans ce chapitre a permis de voir l'état des anciennes auto-constructions en pisé faites par les habitants de la région de Mâatkas, et aussi de comprendre la nature des résistances psychologiques au matériau, et des constructions faites par ce dernier.

L'analyse statistique des discours recueillis est réalisée par le programme Excel. Le croisement des données par rapport aux caractéristiques personnelles a permis d'observer l'influence des paramètres les plus significatifs vis-à-vis de la perception des habitations en pisé.

L'appréciation globale des habitations se lit à travers les aspects évoqués par les usagers comme agréables ou désagréables de l'environnement vécu. Certains habitants ont porté un jugement sur tel ou tel aspect de leurs habitations et ont fait une évaluation globale positive ou négative, c'est la dimension cognitive de la perception, d'autre exprime une sensation, c'est la dimension affective de cette perception.

La satisfaction à l'égard des habitations se rapporte aux facteurs exprimés avec une valence positive, les aspects positifs les plus évoqués sont : la nostalgie, l'isolation thermique, le regroupement des espaces, la solidité.

L'insatisfaction vis-à-vis des habitations en pisé est comprise par rapport aux sentiments implicites qui lui sont associés : mal être ; insécurité, privation. Elle se rapporte aux facteurs exprimés avec une valence négative, elle concerne essentiellement les caractéristiques intrinsèques du matériau tels : l'infiltration d'eau, l'inconfort, la vétusté, la fissuration des murs. Le fonctionnement ancien donne aussi aux habitants une insatisfaction.

Enfin, on précise que même si les habitants de la tiennent à leurs anciennes maisons en pisé, leurs besoin d'avoir plus de confort et de modernité les poussent à abandonner leurs héritages.

Chapitre VI: Caractérisation du matériau

VI.1. Matériels et méthodes.

VI.2. Résultats et discussions

VI.3. Conclusion.

Après avoir observé le matériau déjà utilisé dans la construction, on le ramène pour le traiter à part, pour mieux appréhender ses caractéristiques afin d'en tirer plus de profits. La terre utilisée dans cette partie a été extraite au niveau du village Ichaouadhien à Mâatkas, dont la majorité des habitations sont en terre.

On présentera dans ce qui suit, les données de base sur le matériau utilisé à savoir ses caractéristiques chimiques et physiques jusqu'à arriver à la confection des corps d'épreuves au niveau du laboratoire pour les analyser.

VI.1. Matériels et méthodes.

VI.1.1. Analyses préliminaires de terrain: visuelles ou manuelles.

L'importance de l'identification des caractéristiques et des propriétés de base des composants de la terre réside dans l'influence de ces derniers vis-à-vis du comportement mécanique du matériau.

Sur le terrain, en prenant connaissance de la terre susceptible d'être employée pour construire, il importe de pratiquer quelques essais rapides d'identification. Ces essais de terrain, simples, permettent d'apprécier certaines propriétés du matériau et de confirmer, ou d'infirmer, son aptitude en construction. Ces essais sont assez empiriques; aussi convient-il de les répéter afin de n'en point rester à des impressions. Ces essais indiquent si des analyses complémentaires de laboratoire sont nécessaires. [Houben et Guillaud, 1995].

a. Examen visuel.

On examine à l'œil la terre sèche pour apprécier l'importance de sa fraction sableuse et de sa fraction fine. On enlève les gros cailloux, les graviers et les gros sables pour faciliter l'évaluation (cette opération est également applicable à tous les essais qui suivent). La fraction fine est constituée par les graviers d'un diamètre inférieur à 0,08 mm. Ce diamètre se trouve à la limite de la visibilité à l'œil nu [Houben et Guillaud, 1995].

b. Essai de toucher.

On triture la terre débarrassée de ses plus grosses particules en effritant un échantillon entre les doigts et la paume de la main. La terre est sableuse si l'on éprouve une sensation de rugosité et si elle ne présente aucune cohésion. La terre est silteuse si l'on a l'impression d'une faible rugosité et si l'échantillon humidifié devient moyennement plastique. La terre est argileuse si, à l'état sec, elle présente des mottes ou concrétions qui résistent à l'écrasement et si elle devient plastique et collante lorsqu'elle est humidifiée. [Houben et Guillaud, 1995]

c. Essai de lavage.

On se lave les mains avec de la terre légèrement mouillée (Figure VI.01). La terre est sableuse si les mains se rincent facilement, la terre est silteuse si elle paraît pulvérulente et si les mains ne sont pas trop difficiles à rincer. La terre est argileuse si l'on a une sensation savonneuse et si les mains sont difficiles à rincer. [Houben et Guillaud, 1995]



Figure VI.01: Essai de lavage.

d. Essai de l'éclat.

Une boulette de terre légèrement humide est coupée en deux avec un couteau (Figure VI.02). Un aspect terne de la surface entaillée indique une terre plutôt silteuse. Un aspect brillant indique que l'on est en présence d'une terre argileuse plastique. [Houben et Guillaud, 1995]

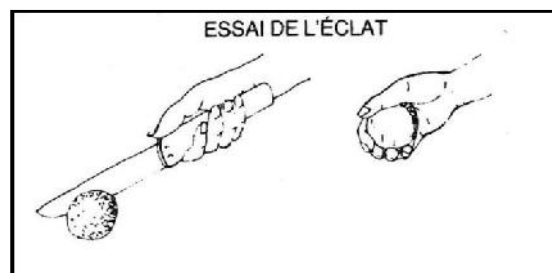


Figure VI.02: Essai de l'éclat [Houben et Guillaud, 1995].



Figure VI.03: Essai de l'éclat [Auteur].

e. Essai d'adhérence.

On prend une masse de terre humide qui ne colle pas aux doigts et on y enfonce une spatule ou un couteau (Figure VI.04). La terre est très argileuse si la spatule s'enfonce difficilement et si la terre y adhère lorsqu'on la retire. La terre est moyennement argileuse si la spatule pénètre sans grande difficulté et si la terre y adhère quand on la retire. La terre est peu argileuse si l'on pénètre et retire la spatule sans effort même si elle demeure sale lorsqu'on la retire [Houben et Guillaud, 1995].

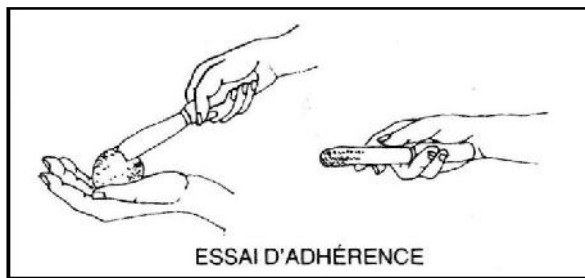


Figure VI.04: Essai d'adhérence
[Houben et Guillaud, 1995].



Figure VI.05: Essai d'adhérence [Auteur].

VI.1.2. Propriétés chimiques.

Les propriétés chimiques de la terre, la nature de ses constituants ainsi que leurs teneurs sont très importantes à connaître. Les sels, qu'ils soient solubles ou insolubles, sont les éléments les plus influents du point de vue chimique. La salinité élevée d'une terre peut induire des propriétés chimiques très marquées. Ces propriétés sont également tributaires de la nature minéralogique des minéraux et de leur chimie constitutive, de la nature et de la quantité des matières organiques: Ces composants instables, en cours d'évolution chimique et biochimique, peuvent faire évoluer la structure même de la terre en produisant des précipités de différente nature.

De même, la teneur en carbonates et en sulfates est aussi un élément à ne pas négliger dans la caractérisation chimique du matériau. Le sulfate de calcium, particulièrement gonflant à l'hydratation peut être très néfaste; sa solubilité dans l'eau peut augmenter la sensibilité des argiles.

Les essais chimiques présentés ont été effectués au niveau du laboratoire du CTH (Control Technique Hydraulique) de la wilaya d'Oran.

a. Présence de la matière organique.

La teneur en matière organique (MO) dans le sol est évaluée à partir du taux de carbone organique (C) [Hamouni et al, 2004]. Pour déterminer la teneur en matière organique on procède comme suit:

- Prendre 50 g (P_i) de l'échantillon de terre ($\emptyset < 2\text{mm}$) séché à l'étuve à 105° .
- Mettre l'échantillon dans des tares et noter le poids (P_1) de la tare contenant l'échantillon.
- Mettre l'échantillon au four à 450° pendant 3 heures.
- Peser l'échantillon sorti du four et noter le poids (P_2).
- Calculer le pourcentage de la matière organique avec la formule suivante :

$$\text{MO (\%)} = [(P_1 - P_2) / P_i] \times 100$$

b. Les carbonates.

Plus les carbonates sont présents, moins le matériau est argileux. Pour connaître la teneur en carbonates, on a besoin de 0,45 g du matériau et 0,45 ml d'acide chlorhydrique (HCl) concentré à 50% (Figure VI.06 - A). Et on effectue l'essai selon la NA-2789 :

- Verser le matériau dans une fiole.
- Introduire un tube contenant l'acide chlorhydrique (Figure VI.06 - B).
- Relier la fiole au calcimètre.
- Equilibrer les pressions au zéro de la colonne.
- Verser d'acide chlorhydrique contenu dans le tube sur le matériau dans la fiole.
- Agiter énergétiquement la fiole (Figure VI.06 - C).
- Noter ce qu'indique le calcimètre (l) lors de la stabilisation de ce dernier.
- Déterminer la teneur en carbonates selon les formules :

$$\text{CaCO}_3 (\%) = (m \times 200) / 216$$

$$\text{CaCO}_3 (\%) = 273 / (273 + t^\circ) \times 0,0045 \times 200 \times l$$

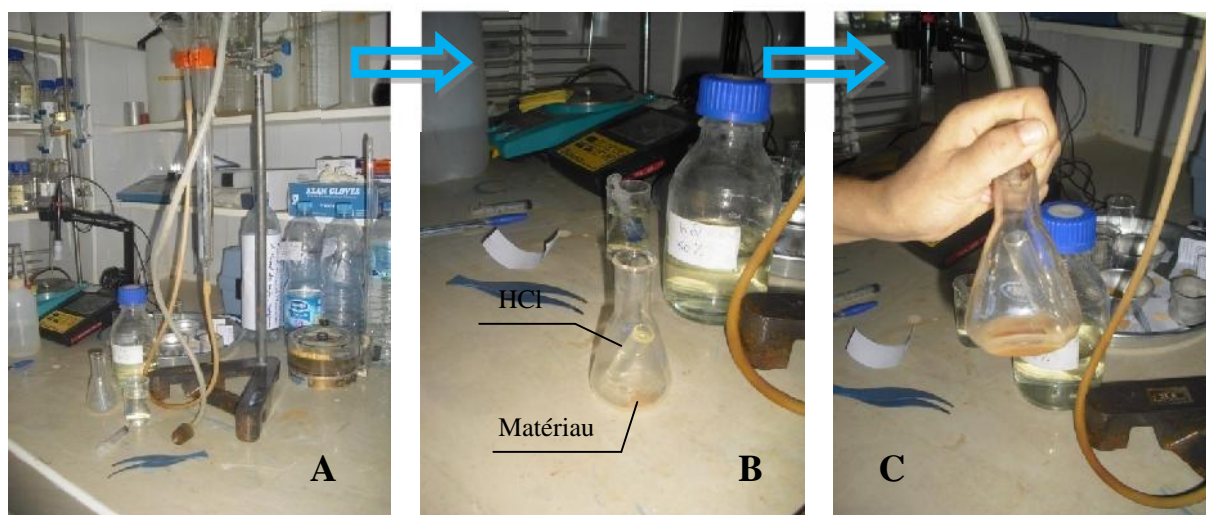


Figure VI.06: Essai de teneur en carbonates (CaCO_3).

c. Les chlorures.

Pour connaître la teneur en chlorures du matériau, on aura besoin de 25g de ce dernier et 100 ml d'eau distillée.

- Mettre le mélange dans l'agitateur et puis sur le chauffage (Figure VI.07 - A,B).
- Filtrer le mélange avec du papier filtre. (Figure VI.07 - C).
- Récupérer 25 ml du filtre obtenu et le remettre sur l'agitateur.
- Lui ajouter 2 gouttes de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_4$ (Figure VI.07 - D).
- Ajouter du AgNO_3 jusqu'au changement de la couleur du mélange en rouge (Figure VI.07 - E,F).
- Noter la quantité utilisée de l' AgNO_3 (V).
- Calculer la teneur en chlorures avec la formule :

$$\text{Cl} (\%) = 0,05672 \times V$$

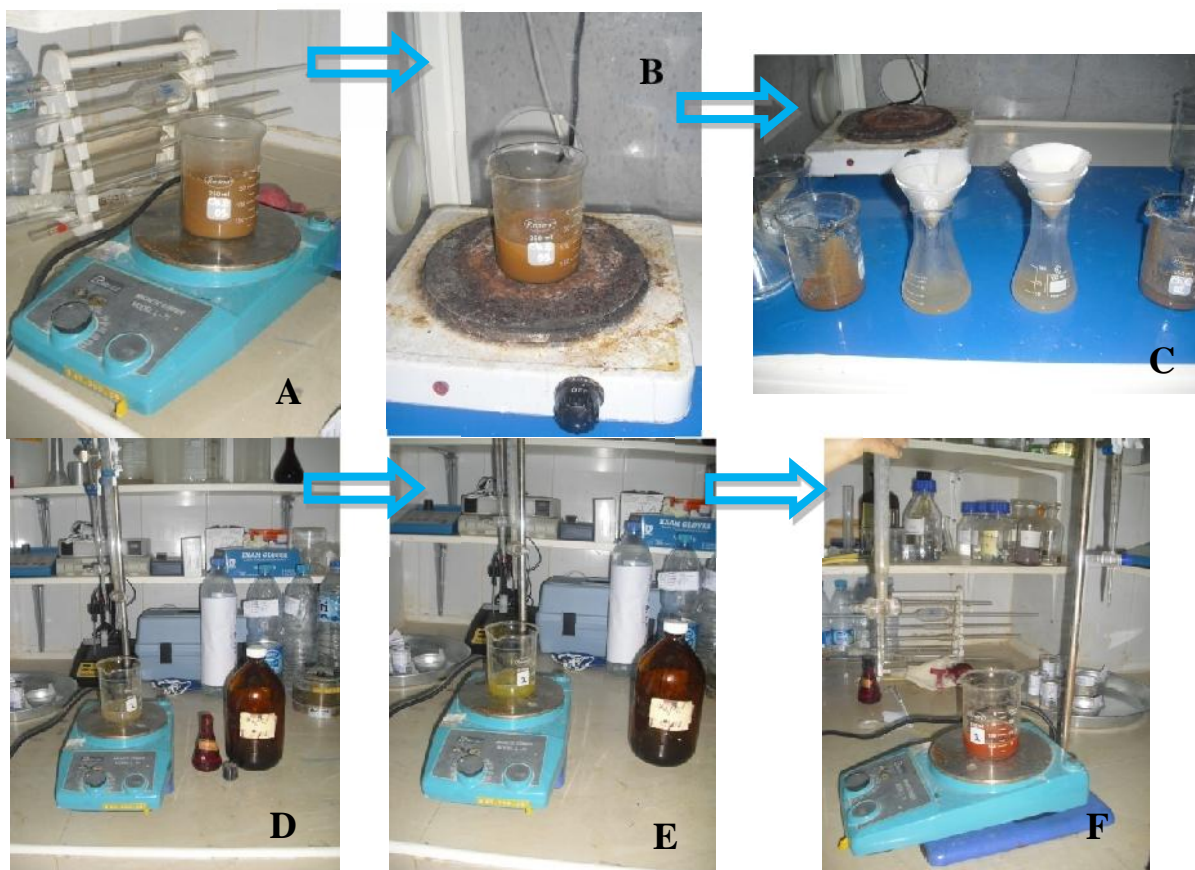


Figure VI.07: Essai de teneur en chlorures.

d. Les sulfates.

Pour effectuer l'essai qui nous permettra d'avoir la teneur en sulfates (SO_4^{2-}), on aura besoin d'1g du matériau passé au tamis (0,04 mm), 100 ml d'eau distillée et 25 ml d'acide chlorhydrique (HCl) concentré à 50%, et on procède comme suit :

- Mettre le mélange préparé (Figure VI.08 - A) sur chauffage jusqu'à ébullition.
- Filtrer le mélange bouilli avec du papier filtre. (Figure VI.08 - B).
- Réchauffer le mélange une deuxième fois jusqu'à ébullition (Figure VI.08 - C).
- Ajouter au mélange filtré, 20 ml de BaCl_2 .
- Le filtrer à deux reprises, le dernier filtrage se fait avec du papier filtre à zéro cendre.
- Finir l'essai par la calcination de ce qui reste sur le papier au four à température de 900° pendant une heure.
- Mesurer le poids (P) de la matière calcinée.
- Calculer la teneur en sulfates à l'aide de la formule :

$$\text{SO}_4^{2-} (\%) = 41,14 \times P$$

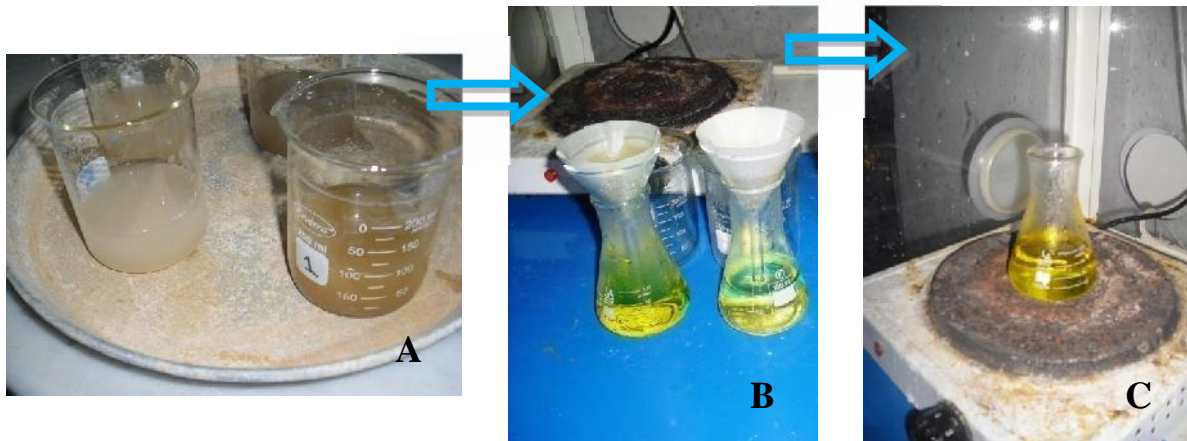


Figure VI.08: Essai de teneur en sulfates.

VI.1.3. Propriétés physiques.

Le but de ces essais est de caractériser physiquement le matériau utilisé en construction. Ces essais ont été réalisés au laboratoire L3G de Mostaganem.

Les principaux essais de caractérisation sont les suivants :

a. Granulométrie :

L'essai granulométrique donne les proportions des éléments qui constituent un sol. Une granulométrie étalée, c'est à dire un sol comportant non seulement de l'argile mais aussi du sable et des gravillons, est souhaitable (ce qui élargit la gamme des sols utilisables) en raison du rôle du squelette rigide joué par les sables et graviers et de la cohésion qu'apportent les argiles au mélange [CNERIB, 1993].

Des recherches de laboratoires ont montré que la compacité maximum (minimum de vides) était obtenue pour des compositions granulométriques continues (la résistance d'un sol aux efforts de compression étant fonction de sa compacité).

Cet essai nécessite 1 kg de matériau déjà lavé sur tamis de 0,08 mm et séché à 105° pendant 24 h (Figure VI.09), il faut ne pas négliger la quantité du tamisât, qu'on doit étuver et peser P_{TI} pour l'ajouter au pourcentage des limons et des argiles.



Figure VI.09: Lavage du matériau sur tamis.



Figure VI.10: Tamisage du matériau.

On procède au tamisage, on utilise des passoirettes dont les trous ont un diamètre variant de 20 à 0.08 mm (selon la disponibilité au laboratoire).

Cette série des tamis sont superposés les uns sur les autres, la plus grande dimension en haut, et la plus petite en bas, puis elle est soumise à des vibrations après avoir mis la quantité du matériau à tamiser dans le premier tamis (Figure VI.10) [Yamani, 1994].

Le refus est la quantité du matériau retenue par un tamis, et le tamisât est la partie du matériau qui passe à travers les trous. Après le tamisage, les pesées des différents refus sont effectués [Yamani, 1994]. Ensuite, on remplit un tableau, avec les données de l'ouverture des tamis (en mm), la masse des refus cumulés (en g), et le pourcentage des tamisât et des refus.

La courbe granulométrique est obtenue à l'aide du logiciel SolsTest

b. Sédimentométrie :

L'essai sédimentométrique donne les proportions des éléments de moins de 0,08 mm qui constituent un matériau.

Cet essai nécessite 50 g du matériau passé au tamis de 0,08 mm et étuvé pendant 24 h à 105°.

On prend 550 cm³ du mélange (440 cm³ d'eau distillée + 60 cm³ d'hexamétaphosphate de sodium à 5%), et on l'ajoute à notre matériau (Figure VI.11 - A), on le laisse imbiber pendant 15 h au minimum. On le met sur l'agitateur à 10 000 tr/min pendant 5 min (Figure VI.11 - B). Et on commence l'essai comme suit :

- Verser la suspension dans une éprouvette d'essai.
- Rincer le récipient avec de l'eau distillée, le rajouter à l'éprouvette, et compléter avec l'eau distillée jusqu'à 2 000 cm³ (Figure VI.11 - C)

- Agiter vigoureusement verticalement la suspension au moyen de l'agitateur manuel (Figure VI.11 - D).
- Retirer l'agitateur manuel, et déclencher au même moment le chronomètre.
- Plonger le densimètre avec précaution dans la suspension immédiatement après le déclenchement du chronomètre (Figure VI.11 - E).
- Faire les lectures aux temps, en plongeant le densimètre au minimum 30 secondes avant la lecture.
- Remplir un tableau avec les lectures effectuées.

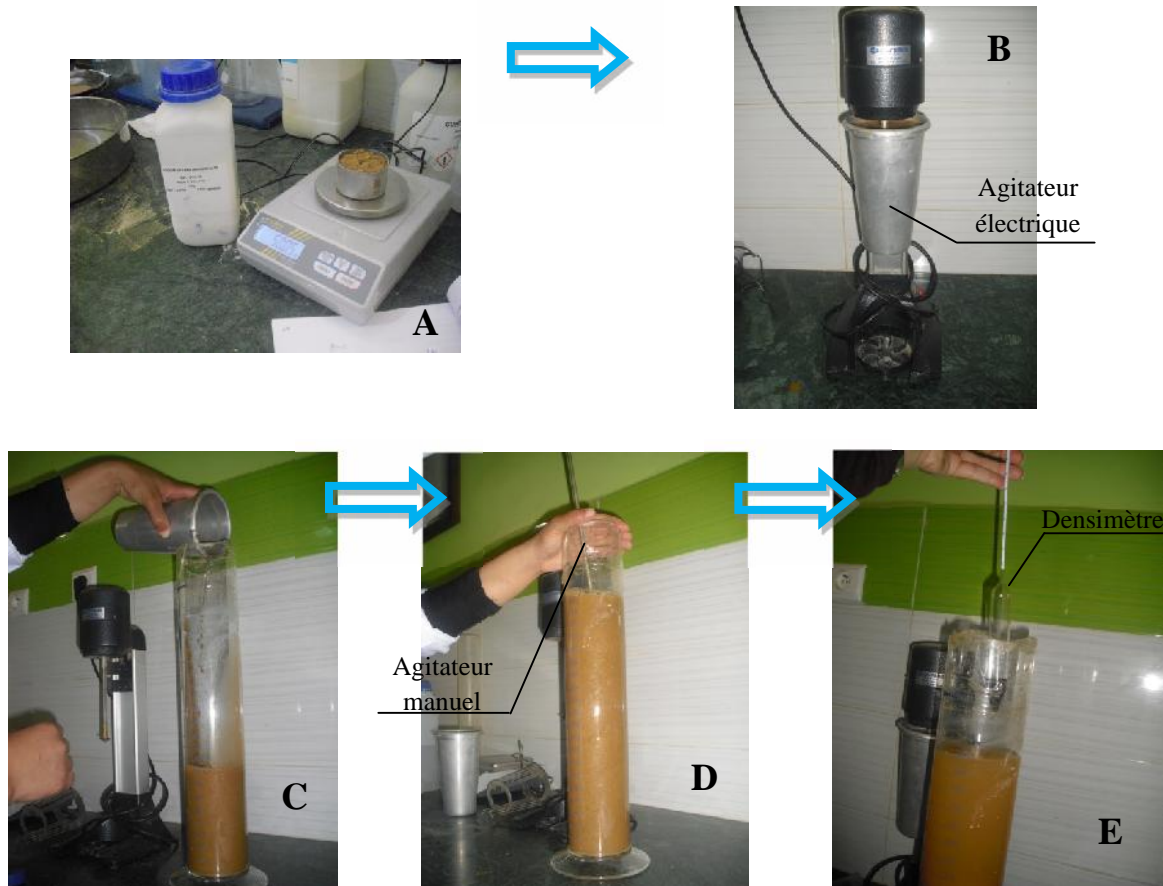


Figure VI.11: Etapes de l'essai sédimentométrique.

c. Equivalent de sable.

Cet essai permet d'avoir le pourcentage du sable dans le matériau, et on procède selon l'essai de la NFP 18 - 598 :

- Tamiser le matériau à 2 mm, et préparer 03 échantillons de 120g.
- Verser les échantillons dans les éprouvettes puis on laisse reposer 10 min.
- Boucher les éprouvettes et leur faire subir 90 cycles en 30 sec.
- Remettre les éprouvettes en position verticale (Figure VI.12 - A).
- Rincer les éprouvettes jusqu'à ce que le liquide remonte au trait repère supérieur.
- Laisser reposer une dernière fois pendant 20 min,
- Mesurer h_1 et h_2 selon les traits repères (Figure VI.12 - B, C).

- calculer l'équivalent de sable selon la formule :

$$E_s = 100 \times (h_2/h_1)$$
- Et enfin, calculer la moyenne des trois échantillons pour obtenir l'équivalent de sable moyen ($E_{s_{moy}}$).

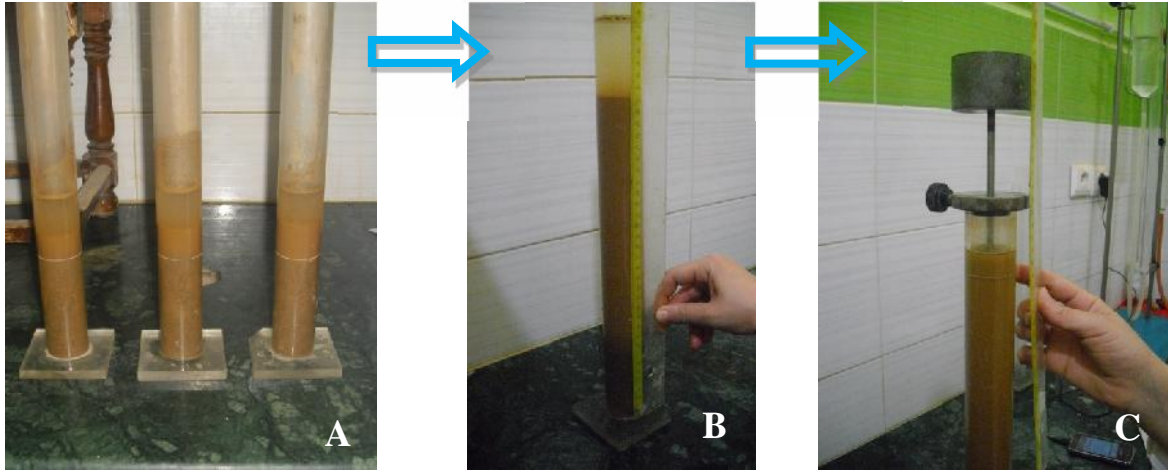


Figure VI.12: Etapes de l'essai de l'équivalent de sable.

e. La plasticité selon les limites d'Atterberg.

L'état de consistance d'un matériau est défini par son indice de plasticité I_{ps} , sa limite de liquidité W_L , sa limite de plasticité W_p , et sa teneur en eau optimale (T.E.O) [Chaibeddra, 2012]. Pour avoir ces différentes valeurs, on fait l'essai des limites d'Atterberg selon la norme NF P 94-051 03/93, pour cela, on a besoin du matériau passé au tamis de 0,04 mm par voie humide et étuvée pendant au moins 12 h.

- Ajouter l'eau au matériau jusqu'à l'obtention d'une pâte presque fluide (Figure VI.13 - A).
- Répartir la pâte (à une épaisseur de 15 à 20mm) dans la coupelle, et étaler tout en évitant les bulles d'air (Figure VI.13 - B).
- Fixer la coupelle, partager la pâte perpendiculairement en deux à l'aide l'outil de rainure. Effectuer la série de chocs (deux coups) (Figure VI.13 - C).
- Effectuer plusieurs coups jusqu'à ce que les deux lèvres de la pâte se rejoignent ($L=10$ mm) et noter le nombre de coups (N).
- Prélever $M = 5$ g de la pâte des deux cotés des lèvres à l'endroit de la fermeture de la pâte et on étuve selon la norme NFP 94-050.



Figure VI.13: Etapes de l'essai des limites selon Atterberg.

- Si $N < 15$, effectuer un séchage de la pâte, et si $N > 35$, effectuer une fluidisation de la pâte. Et refaire la même chose au moins trois fois pour avoir N_1, N_2, N_3 .

- La moyenne des teneurs en eau trouvées des trois échantillons est la limite de liquidité W_l

- La deuxième étape de cet essai, consiste à former une boulette avec un diamètre $\varnothing = 3 \text{ mm}$ ($\pm 0,5$) et une longueur $L = 10 \text{ mm}$.

- La fissuration du rouleau détermine la limite de plasticité.

- Prélever la partie centrale du rouleau.

- Etuver selon la norme NFP 94-050.

- Effectuer un deuxième essai avec une nouvelle boulette.

- La moyenne des teneurs en eau trouvées est appelée limite de plasticité W_p .

- L'indice de plasticité I_p est estimé selon la formule suivante : $I_p = W_l - W_p$

VI.1.4. Analyse de corps d'épreuves.

Cette partie concerne l'étude de la résistance et la durabilité des blocs de terre naturelle représentant le matériau pisé traditionnel non stabilisée. On présentera dans ce qui suit, les données de base sur les matériaux utilisés, les étapes suivies dans la confection des blocs au niveau du laboratoire ainsi que le programme et les protocoles d'essais réalisés. Les résultats obtenus seront analysés. Les essais réalisés ont été effectués au niveau du laboratoire du CNERIB.

La procédure de fabrication suivie, correspond aux recommandations techniques éditées par le CNERIB. Les étapes sont décrites ci-dessous :

a. Préparation de la terre.

A l'état naturel, la terre peut posséder un certain degré d'humidité. Pour la faire sécher, on l'étale en couches minces sur une surface plane. Lorsque la terre a suffisamment perdu de son humidité naturelle, on écrase à coups de pelle les mottes qu'elle peut contenir.

Ensuite on la tamise avec un crible dont les mailles ont un diamètre de 5 mm, on conserve le matériau passé à travers le crible ainsi que celui qui reste en dessus à savoir les graviers (Figure VI.14). Il faut noter que la quantité du gravier présent dans la terre est de l'ordre de 29,39% ce qui représente le tiers du matériau. La présence de mottes de dimensions supérieures à 5 mm est susceptible de changer la résistance à la compression.



Figure VI.14: Le matériau après tamisage.

b. Préparation des corps d'épreuves.

Il faut préparer les quantités précises dans les proportions établies auparavant. Pour réussir cette opération, on recommande d'utiliser un récipient dont on connaît la grandeur et qui est facile à manipuler. On prend plusieurs mesures, en ajoutant à chaque fois un peu plus de graviers pour connaître son rôle dans la résistance du matériau.

c. Addition de l'eau de gâchage – malaxage.

La terre ayant été soigneusement mélangée à sec, on étale le matériau en une mince couche (10 cm) et on y ajoute l'eau avec un arrosoir de façon que le gâchage soit uniformément imprégné, et on procède au malaxage à main.

Pour déterminer correctement la quantité d'eau de gâchage, prendre une poignée de mélange prêt à l'utilisation et après l'avoir comprimée dans la main elle conserve la forme de celle-ci sans se désagréger (Figure VI.15).



Figure VI.15: L'addition de l'eau de gâchage.

d. Compactage et genèse des corps d'épreuves.

Après, on procède au compactage (Figure VI.16), on le fait de la manière traditionnelle puisque le but de ce travail est de refaire le matériau traditionnel dans un laboratoire pour identifier ses caractéristiques. Ainsi, le compactage réalisé au pisoir à main dans les moules, est une technique ancienne et assez longue. La dimension des corps d'épreuves est de 10x10x10 cm



Figure VI.16: Compactage et genèse des corps d'épreuves.

e. Séchage des corps d'épreuves.

On laisse les corps d'épreuves sécher avant de faire nos essais. Pendant le séchage, il faut les stocker dans un endroit leur permettant de sécher lentement et d'une manière homogène pour éviter la formation de fissures dues à un retrait trop rapide. Au bout de sept jours, on fait les essais correspondant à la résistance et à la durabilité.

f. Résistance à la compression.

L'essai d'écrasement est effectué sur des blocs posés à plat entre les deux plaques d'une presse. La presse dont on dispose étant conçue pour s'adapter aux éprouvettes cylindriques est dotée de plateaux additionnels pour soulever le bloc testé. La contrainte de rupture est mesurée relativement à la surface de contact (Figure VI.17).



Figure VI.17: Essai d'écrasement sur corps d'épreuves posés à plat.

g. Durabilité : Absorption par capillarité.

L'indicateur de durabilité choisi est l'absorption par capillarité. Ce paramètre est le plus important à considérer, sachant que la terre est très susceptible à l'égard de l'eau.

L'absorption par capillarité a été mesurée à l'aide du dispositif mentionné à la figure VI.21. Les blocs sont immergés dans un bac d'eau muni d'un trop-plein qui assure un niveau d'immersion constant et atteignant 5 mm de la hauteur du bloc. Le coefficient d'absorption par capillarité est mesuré au bout de 10 min d'immersion par la formule suivante [Adam, 2001].

$$C_b = 100 \times (m_h - m_d) / S \quad t$$

$m_h - m_d$: est la masse d'eau (en g) absorbée par le bloc pendant le test.

S : est l'aire de la face submergée (en cm^2).

t : est la durée du temps d'immersion (en min).

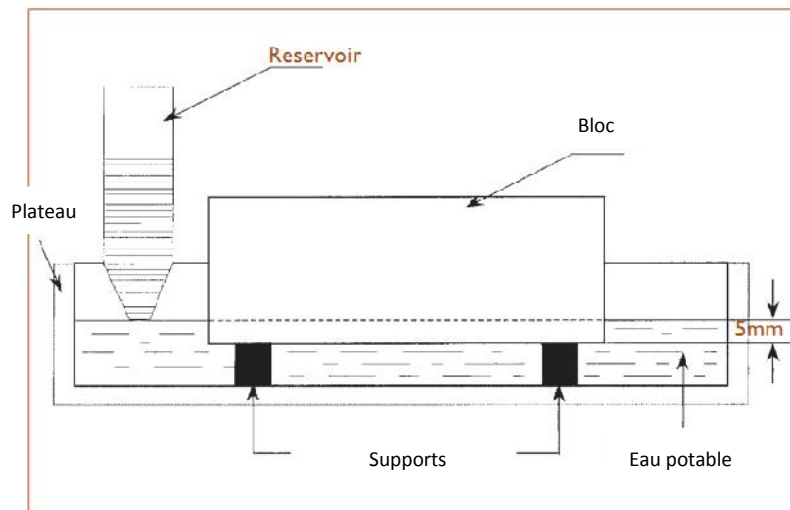


Figure VI.18: Schéma de l'essai d'absorption par capillarité [Adam, 2001].



Figure VI.19: Essai d'absorption par capillarité sur bloc pisé à 10 min et 24h.

VI.2. Résultats et interprétations.

VI.2.1. Observations in situ.

Lors de l'essai visuel et celui du toucher, on remarque plusieurs dimensions des grains, certains finissent par s'écraser pour en devenir plus petite, on interprète cela, par le fait que la terre est argileuse. En se débarrassant de la terre, des grains poussiéreux sont toujours présents sur la main, ce qui confirme notre interprétation.

En effectuant l'essai de lavage, les mains ne se rince pas facilement (Figure VI.01), et la terre mélangée à l'eau forme une pâte très légère qui s'accroche entre elle et aux mains, ce qui confirme que cette terre est argileuse.

La brillance de la terre est remarquée juste après la formation de la boule, et elle est encore plus éclatante en la découpant en deux (Figure VI.03), ce qui conclue que la terre contient une bonne quantité d'argile.

Le test d'adhérence a confirmé ce que les autres tests ont montré, vu que la pénétration du couteau était assez difficile (Figure VI.05), et en y forçant, la boule s'est effritée, et le couteau est pratiquement propre, à la fin du test.

Grâce aux analyses visuelles et manuelles, on sait désormais que la terre contient peu de graves et beaucoup de fines. Ces essais de terrain sont effectués avec les moyens de bord qui manquent de précision, mais qui demeurent très utiles lorsque l'on travaille dans des conditions difficiles et isolées de tout équipement de laboratoire. Pour un chercheur, ces essais sont loin d'être précis et pertinents, ce qui nous a stimulé à effectuer d'autres analyses plus approfondies au laboratoire.

VI.2.2. Analyses chimiques.

La teneur en matière organique de notre échantillon est de 1,16 %, cette valeur est très faible et n'affectera pas les caractéristiques du matériau.

Pour la teneur en carbonates, son calcul est impossible puisqu'on effectuant l'essai, on remarque que rien ne se produit de lors l'agitation du matériau avec l'acide chlorhydrique, et donc le calcimètre ne bouge pas. On conclue que la présence des chlorures est infime ou absente, ce qui confirme sa nature argileuse.

- Lors de l'essai pour déterminer la teneur en chlorure du matériau, le mélange préparé change de couleur avec l'addition du $K_2Cr_2O_4$ pour devenir un liquide jaune, en ajoutant le nitrate d'argent, la couleur du mélange vire au rouge brique.

- Le calcul de la teneur en chlorures nous donne une valeur de 0,0045 % qui est un pourcentage négligeable et qui n'atteint même pas la côte d'alerte située entre 2 et 3% selon Noui (2009).

- Lors de l'essai pour l'estimation de la teneur en sulfates, en préparant le mélange, on remarque qu'il n'y a eu aucune réaction au HCl. En ajoutant le BaCl₂, la couleur du liquide n'a pas viré au jaune comme pour d'autres échantillons. La teneur en sulfates est estimée à 1,23 %, qui est une valeur tolérante, qui ne fragilise pas vraiment le matériau, la côte d'alerte de la teneur en sulfates étant fixée entre 2 et 3% selon Noui (2009).

VI.2.3. Caractéristiques physiques.

Les résultats de l'essai granulométrique sont consignés dans le Tableau VI.01

Tableau VI.01 : Analyse granulométrique et nature des particules.

Ouverture des tamis (mm)	Masse des refus cumulés (gr)	Pourcentage des tamisât (%)	Pourcentage des refus (%)	Nature des particules
20	10.95	98.91	1.09	Graviers
10	30.20	96.98	1.93	
2	443.23	55.68	41.30	Sables grossiers
0.2	812.53	18.75	36.93	Sables fins
0.08	851.44	14.86	3.89	Limons + Argiles
			14.86	

A l'aide du logiciel SolsTest, la courbe granulométrique est présentée dans la Figure VI.20.

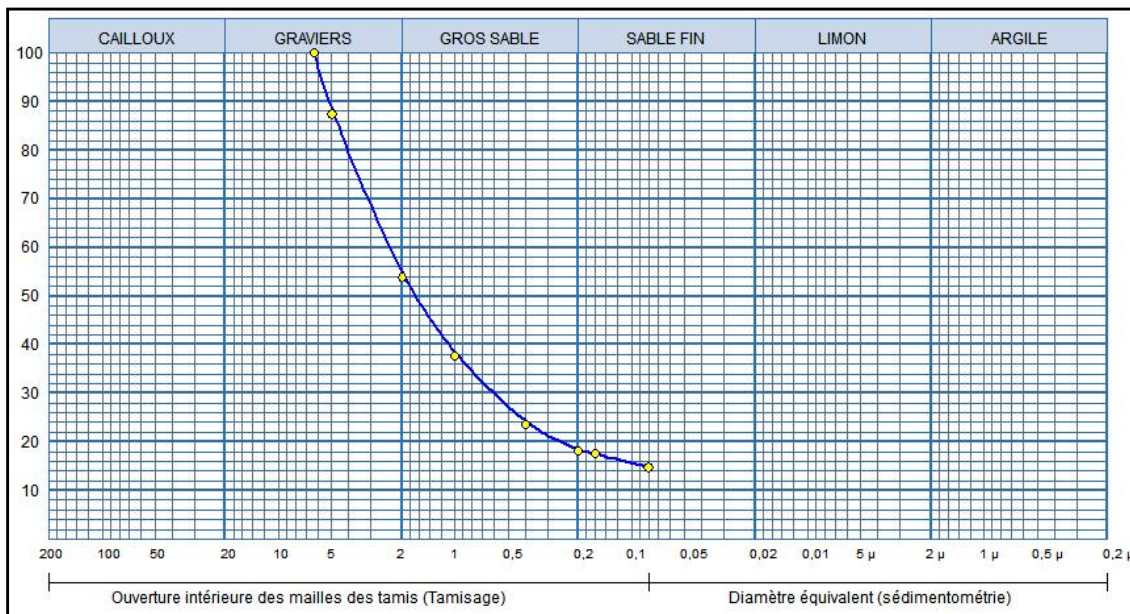


Figure VI.20: Courbe granulométrique du matériau analysé.

Cette courbe est bien étalée, on remarque que les particules sont toutes présentes mais pour connaître les pourcentages exacts de chaque particule, on doit d'abord ajouter le premier

tamisât qu'on a éliminé en lavage sur tamis 0.08mm. Sachant que le poids de ce dernier après étuvage est de $P_{T1} = 1281.51g$ qui est considéré comme argiles + limons.

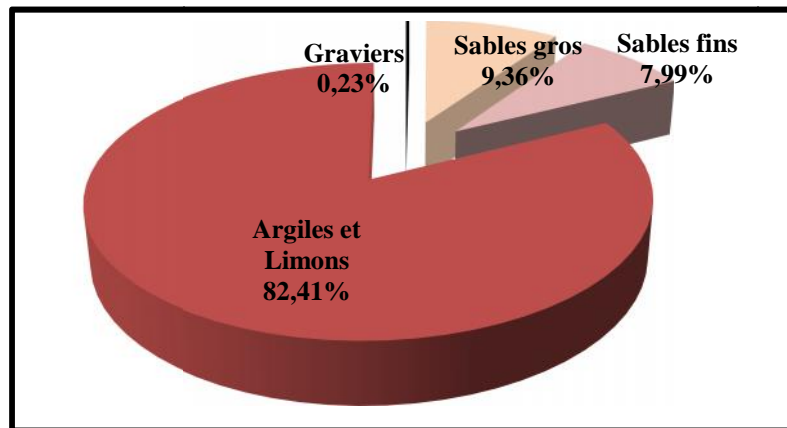


Figure VI.21: Pourcentages des particules selon l'analyse granulométrique.

Les résultats de la sédimentométrie, sont consignés dans le tableau VI.02.

Tableau VI.02 : Lecture du densimètre, dans l'essai sédimentométrique.

Date	Heure	Temps	Lecture densimètre
25.06.2014	09 h 52 mn	15 sec	12.0
	09 h 52 mn	30 sec	11.8
	09 h 53mn	1 min	11.5
	09 h 54 mn	2 min	10.9
	09 h 56 mn	5 min	10.0
	10 h 01mn	10 min	08.5
	10 h 11mn	20 min	04.0
	10 h 31mn	40 min	- 02.5
	11 h 11mn	80 min	- 02.5
	12 h 31mn	160 min	- 02.5
15 h 11mn	320 min	- 02.5	
26.06.2014	09 h 52 mn	24 h	- 02.5

Pour l'essai d'équivalent de sable effectué selon la norme NFP 18 – 598, on obtient les résultats suivants :

Tableau VI.03 : Résultats de l'essai d'équivalent de sable.

	Ech 01	Ech 02	Ech 03
h_1 (cm)	32,7	31,6	31,4
h_2 (cm)	6,1	6,2	6,2
Es (%)	19,26	19,62	19,74

$E_{s\text{ moy}}$ égal à 19,54 % représente le pourcentage du sable dans notre matériau.

L'indice de plasticité I_p permet d'évaluer des teneurs en eau pendant lesquels le matériau a un comportement plastique et donc susceptible aux déformations [Hamouni et al, 2004]. Les résultats de l'essai sont mentionnés dans le Tableau VI.04.

Tableau VI.04 : Détermination de la limite de liquidité.

	Ech 01	Ech 02	Ech 03
Nombre de coups	15	33	34
Poids total humide (g).	28.10	27.25	25.90
Poids total sec (g).	25.51	24.81	23.78
Poids de la tare (g).	16.96	17.34	17.38
Poids de l'eau (g).	2.59	2.44	2.12
Poids du matériau sec (g).	8.55	7.47	6.40
Teneur en eau (%).	30.29	32.66	33.12

La limite de liquidité W_l correspondant à l'humidité minimale pour laquelle le matériau mis en surface plane s'écoule librement sous l'effet de son propre poids comme un liquide [Hamouni et al, 2004], est estimée donc à 32.02 %.

La limite de plasticité correspond au passage du sol d'un état semi solide ou friable à un état plastique [Hamouni et al, 2004], et sa valeur correspond à $W_p = 20.28$ %.

Tableau VI.05 : Détermination de la limite de plasticité.

	1 ^{er} Essai	2 ^{ème} Essai
Poids total humide (g).	8.56	11.50
Poids total sec (g).	8.33	11.14
Poids de la tare (g).	7.20	9.36
Poids de l'eau (g).	0.23	0.36
Poids du matériau sec (g).	1.13	1.78
Teneur en eau (%).	20.35	20.22

L'indice de plasticité est donc estimé à **11.74 %**, et d'après le Tableau VI.06 qui permet d'apprécier la plasticité, le matériau est plastique et donc susceptible aux déformations surtout le compactage qui est une qualité très importante pour construire en pisé

Tableau VI.06: Classes d'appréciation de la plasticité du sol d'après Atterberg.
[Hamouni et al, 2004].

Indice de plasticité (I_p)	0	< 7	7-17	> 17
Qualificatif	Non plastique.	Peu plastique.	Plastique.	Très plastique.

VI.2.4. Corps d'épreuve.

a. Résistance à la compression.

Le Tableau VI.07 donne les différentes quantités de terre, de graviers et d'eau utilisé.

Tableau VI.07: Corps d'épreuves et leurs compositions.

	Terre (g)	%	Gravier (g)	%	Eau (ml)	Nbre de couches
Corps d'épreuve 01	1930,00	100			75,00	8
Corps d'épreuve 02	1875,00	100			155,00	8
Corps d'épreuve 03	1965,00	100			165,00	5
Corps d'épreuve 04	1728,00	90	192,00	10	130,00	5
Corps d'épreuve 05	1737,00	90	193,00	10	80,00	8
Corps d'épreuve 06	1800,00	90	200,00	10	155,00	5
Corps d'épreuve 07	1600,00	80	400,00	20	170,00	7
Corps d'épreuve 08	1600,00	80	400,00	20	160,00	7
Corps d'épreuve 09	1592,00	80	398,00	20	100,00	7
Corps d'épreuve 10	1351,00	70	579,00	30	150,00	8
Corps d'épreuve 11	1355,00	70	580,00	30	145,00	7
Corps d'épreuve 12	1312,00	70	562,00	30	120,00	8

Le graphe de la figure VI.22 représente l'évolution de la résistance à la compression des corps d'épreuves en fonction du dosage en gravier (de 0% à 30%) respectivement à 07 jours.

Une terre sans gravier résiste moins que le matériau mélangé au gravier, ainsi la valeur minimale de 0,54 MPa de la résistance à la compression est obtenue pour un échantillon témoin (sans gravier). Cette résistance atteint une valeur de 0,78 MPa lorsqu'on mélange le matériau au gravier à raison de 30 %.

Des valeurs intermédiaires de 0,62 et 0,70 MPa sont enregistrées respectivement pour des teneurs en graviers de 10 et 20 %

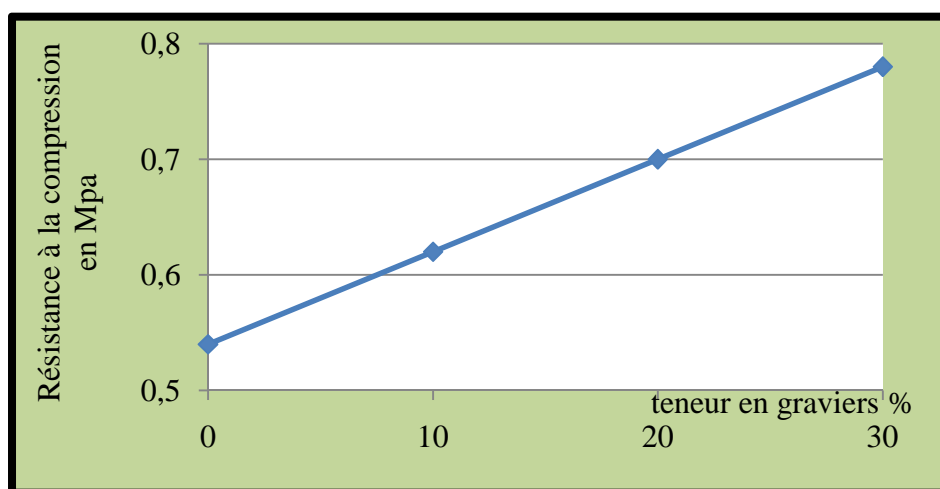


Figure VI.22: Variation de la résistance à la compression à 7 jours en fonction de la dose de graviers.

Le graphe montre que les résistances à la compression des blocs augmentent linéairement avec l'introduction du gravier dans les échantillons. Cette augmentation reste stable pour tout dosage en gravier, et elle est d'environ 0,008 MPa pour 1 % de gravier ajouté au matériau.

Les meilleures résistances sont obtenues pour les blocs contenant 30% de gravier, donc de la terre pratiquement naturelle telle utilisée dans les villages kabyles, ces résistances sont d'ordre de 0,78 MPa.

Avec la stabilisation du matériau (au ciment, à la chaux, ou autre), les résistances pourront augmenter encore plus, et donc les constructions seront plus solides.

b. Durabilité.

Le graphe de la figure VI.23 représente l'évolution du coefficient d'absorption par capillarité des blocs et montre que pour une teneur en gravier nulle, le coefficient prend une valeur maximale de 4,26. L'addition de gravier à l'échantillon du sol diminue le coefficient d'absorption pour atteindre une valeur de 3,24 pour 30 % de gravier additionné.

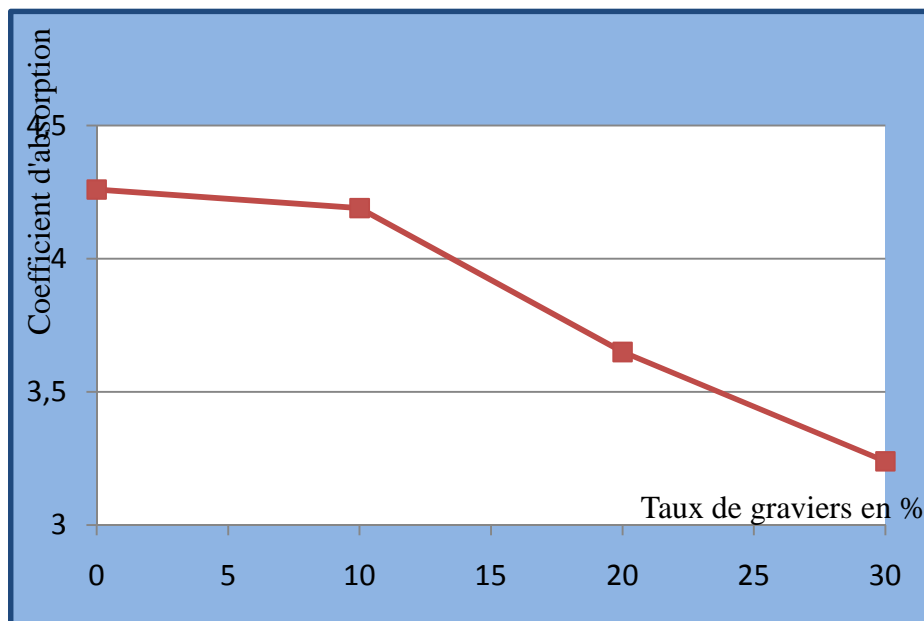


Figure VI.23: Variation du coefficient d'absorption en fonction de la teneur en graviers.

Tous les blocs absorbent l'eau par capillarité. Généralement, moins les blocs absorbent l'eau, plus leurs performances sont meilleures.

Le graphe VI.23 montre que les coefficients d'absorption de l'eau par capillarité diminuent quand la teneur en argile augmente. Ce qui est logique puisqu'en augmentant le dosage du gravier, le pourcentage des argiles diminue, et comme ce sont les argiles qui absorbent l'eau, la présence des graviers est importante.

Lorsque la teneur en graviers est inférieure à 10 %, le coefficient d'absorption diminue lentement (environ 0,0013 pour 1% de gravier ajouté) mais ce n'est qu'à partir de la teneur de 10 % que le coefficient d'absorption diminue rapidement (0,0575 pour 1 % de gravier ajouté). On peut donc avancer que la proportion de gravier intégré au matériau n'influe sur le coefficient d'absorption de l'eau par capillarité qu'à partir d'une teneur supérieure à 10 %.

VI.3. Conclusion.

Les analyses physiques ont confirmé ce que les analyses préliminaires de terrain ont démontré. Le terre prélevée dans la région de Mâatkas est très argileuse ce qui l'a rend adhérente et assez plastique, ce qui constitue un avantage pour un matériau de construction. Des sables et des graviers sont aussi présents dans cette terre, ayant tous les deux un rôle à jouer dans le matériau à construction puisqu'ils forment le squelette de ce dernier.

Pour l'analyse chimique, on a choisit les quatre éléments qui affecte le plus la terre, à savoir, la matière organique, les carbonates, les chlorures et les sulfates. Les teneurs en ces derniers sont dans les normes et n'affectent pas le comportement du matériau.

A partir des résultats d'essais obtenus dans cette partie nous pouvons conclure que le comportement des blocs de pisé diffère selon le dosage en graviers, même si les résultats s'approchent. Les résistances à la compression à l'état sec, croissent avec le dosage en masse granulaire.

Les blocs absorbent l'eau par capillarité à des degrés différents. Le dosage en graviers permet de minimiser cette absorption, ce qui s'explique par la diminution des argiles dans le mélange. Un meilleur compactage améliore généralement le comportement des blocs à l'état humide.

Enfin, même si ce matériau a fait ses épreuves dans les anciens centres des villages kabyles mais en le ramenant au laboratoire, d'autres constatations ont été faites, ce qui nous laisse conclure qu'une amélioration du matériau rendra cette terre plus performante et plus durable.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion Générale.

Par la présente recherche, nous avons exploré une technique ancestrale de la construction en terre crue qui est le pisé, nous avons pu voir que les avantages de l'architecture de terre sont indéniables et suscitent son retour dans le domaine du bâtiment à travers le monde depuis le début des années quatre-vingt, et que les obstacles d'ordre techniques liés au matériau ou bien aux procédés de productions ne sont plus évoqués pour s'opposer aux projets de revalorisation de l'architecture de terre. Cependant, l'architecture de terre pose le problème de la perte du savoir-faire et la disparition de la majorité des mises en œuvre traditionnelles locales.

Les projets de revalorisation de l'architecture de terre à travers le monde nous ont permis de voir les intérêts que recèle cette architecture, notamment dans le contexte actuel de développement durable. La revalorisation de l'architecture de terre permet aussi de préserver le patrimoine ancien en terre ainsi que les particularités culturelles régionales des peuples qui sont aujourd'hui menacées de disparition.

Pour le cas de l'Algérie, les expériences de revalorisation de l'architecture de terre crue n'ont pas réussi malgré les améliorations apportées au matériau terre, c'est l'idée de progrès qui rejette tout ce qui est ancien ou traditionnel. Les actions de revalorisation de l'architecture de terre s'affrontent à de nombreux obstacles, d'ordre psychologique, économique, et réglementaire. En effet, notre pays a manifesté très tôt son intérêt pour la revalorisation de l'architecture de terre mais l'échec des premières opérations qui n'ont pas réussi à surmonter l'obstacle psychologique a limité leurs effets. Les programmes de développement ne sont pas tentés par les avantages que représente l'architecture de terre. Néanmoins, l'architecture de terre connaît un regain d'intérêt dans le cadre de l'enseignement et la recherche par l'organisation des journées d'études ayant pour objectif les revalorisations de ces architectures de terre jusque-là négligées et oubliées.

Dans cette recherche nous avons exploré la technique du pisé qui redevient aujourd'hui une alternative crédible à la construction étant une technique simple et sa mise en œuvre ne nécessite que peu de moyens. Par ses propriétés techniques le pisé répond à la plupart des nouveaux enjeux de durabilité de la construction au XXI^e siècle. Il assure confort et santé aux occupants durant toute la vie du bâtiment, 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, et contribue à un développement local équitable.

Cette recherche nous a permis de voir que les propriétés du pisé sont aussi durables que d'autres matériaux conventionnels, et que sa vulnérabilité à l'eau n'est qu'un mythe construit sur la réalité de la perte des savoir-faire constructif traditionnels et de la culture d'entretien. En réalité, Le pisé, en tant que matériau de construction, présente une très bonne capacité de résistance à l'eau à la seule condition d'être mis en œuvre dans les règles de l'art et les constructions en pisé peuvent par conséquent répondre aux normes les plus modernes de confort, de sécurité et de durabilité. Cependant, il est toujours possible d'améliorer la résistance des constructions en pisé par différents modes de stabilisation ou de renforcement. Dans cette optique, et depuis quelques années, de nombreuses études ont de mieux connaître

la technique de pisé, des recherches ont permis d'adapter les techniques de mise en œuvre pour en améliorer les caractéristiques et répondre aux exigences des modes de vie contemporains.

L'étude des deux cas (Mostefa Ben Brahim et Mâatkas) a permis de comprendre la nature des résistances psychologiques au matériau pisé et de voir la part qui revient au matériau dans cette perception, dans deux cas différents dans le contexte, la région et le matériau utilisé.

Le programme Excel, pour l'analyse statistique des discours recueillis, est utilisé. Le croisement des données par rapport aux caractéristiques personnelles a permis d'observer l'influence des paramètres les plus significatifs sur la perception des occupants.

L'appréciation globale des habitations se lit à travers les aspects évoqués par les usagers comme agréables ou désagréables de l'environnement vécu. Certains habitants ont porté un jugement sur tel ou tel aspect de leurs habitations et ont fait une évaluation globale positive ou négative, c'est la dimension cognitive de la perception, d'autre exprime une sensation, c'est la dimension affective de cette perception. La satisfaction à l'égard des habitations se rapporte aux facteurs exprimés avec une valence positive, les aspects positifs les plus évoqués sont : le confort thermique l'aspect économique de matériau et sa disponibilité.

L'insatisfaction vis-à-vis des habitations en pisé est comprise par rapport aux sentiments implicites qui lui sont associés : mal être ; insécurité, privation. Elle se rapporte aux facteurs exprimés avec une valence négative, elle concerne essentiellement les caractéristiques intrinsèques du matériau, l'état du bâti. La forme architecturale, et le fonctionnement des maisons traditionnelles en pisé constituent des éléments d'insatisfaction aux habitants car ne répondent plus à leurs besoins en espace. Le manque des équipements d'infrastructure accentue le sentiment de privation et leur insatisfaction.

En comparant les deux cas d'études, plusieurs points en commun ressortent, l'espérance d'un cadre de vie plus moderne et confortable, le matériau n'est pas un obstacle en lui-même, mais le problème est en ce qu'il représente comme ancienneté liée à la vétusté et à la fragilité. L'utilisation du matériau terre pour construction, extension ou même pour entretien de l'existant est une chose non envisageable.

Les points opposés des deux cas d'études concernent l'attachement des habitants à leurs maisons, ce qui est vraiment présent en Kabylie, ces derniers ne laissent tomber leurs maisons que dans des cas extrêmes, et même en la quittant, ils préfèrent la conserver au lieu de la démolir. Les villageois kabyles sont plus familiarisés avec le matériau terre, quelque soit leurs âges ou leurs sexes, surtout dans la région de Mâatkas qui est très connue par sa poterie.

Le matériau prélevé dans le village Ichaouadhiene a été analysé au laboratoire pour comprendre ses différentes caractéristiques, physiques, chimiques pour enfin fabriquer d'une manière traditionnelle et artisanale des prototypes du matériau pisé, pour voir sa résistance et sa durabilité, on a constaté que même si le matériau a fait ses épreuves durant des décennies

dans la réalité, il reste peu résistant au laboratoire ce qui nous donne la perspective de l'améliorer tout en le gardant le plus naturel et écologique que possible.

D'autres perspectives peuvent être tirées de cette recherche, à savoir une étude qui fera des habitations kabyles un endroit plus moderne tout en conservant son identité et son cachet patrimoniale, et surtout en utilisant le matériau traditionnel (terre) mais avec une technique plutôt moderne.

Enfin, nous rappelons que, « Continuer à construire en terre, c'est aussi entretenir les différences culturelles dans la production d'un paysage architectural et urbain mondial de plus en plus banalisé par une trans-culturation architecturale et internationale. C'est aussi une manière de reconnaître les valeurs intangibles et tangibles de son patrimoine local, de son histoire, et de son identité culturelle, en grande partie exprimée par ses cultures architecturales. » [Guillaud, 2002].

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ADAM E.A in collaboration with Professor A.R.A.Agib 2001. “Compressed Stabilised Earth Block Manufacture in Sudan.” United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization UNESCO.

ALIANE. O. 2009 « Patrimoine bâti et savoir-faire vernaculaire Cas d’Aït El Kaïd (les Ouadhias) ». Mémoire de magistère. Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou pp. 137

ALILI S. 2013. « Guide pratique pour une opération de réhabilitation du patrimoine architectural villageois de kabylie » Mémoire de magistère Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou pp.133

ARKOUN M. 1982. «The socialist village experiment in Algeria. » In The Changing Rural habitat, Volume I. case studies proceeding of seminary in the series architectural transformation in the Islamic world. pp 45-50

ASSOCIATION VILLES ET PAYS D'ARTS ET D'HISTOIRE. 2008. « Le pisé, en Pays Voironnais ». France. 40 pages

BALOUL N. 2007 « Conservation et valorisation du patrimoine architectural en terre de la région Twat-Gourara : cas du ksar Tmasekht ». Mémoire de magister en Architecture, Université Mouloud Mammeri. 119 pages

BARBOSSA N. SWAMY N., et MATTONE R. 2007. «Potentialities of earth construction in Latin - America. » In International Symposium on Earthen Structures.

BASAGNA R. et SAYAD A. 1974 « Habitat traditionnel et structures familiales en Kabylie. » Ed Mémoires du centre de recherches anthropologiques préhistoriques et ethnographiques, Alger. 159 pages

BERTHIER N. 1998. « Les techniques d’enquête, méthodes et exercices corrigés ». Ed. Armand Colin. France. 350 pages

BOURDIEU P. 1972. « Esquisse d’une théorie de la pratique précédée de trois études d’ethnologie kabyle ».

BOURDIEU P. 1985. « Sociologie de l’Algérie » Ed. Que Sais-je N° 802 84 pages

BOURDIN A. 1996. « Sur quoi fonder les politiques du patrimoine urbain, professionnels et citoyens face aux témoins du passé ». In les annales de la recherche urbaine n° 72. Pp. 6-13

BRUCE K. 2008. « The renaissance of earthen architecture ». International Seminar on Structural Masonry (ISSM 08). Istanbul. Pp. 12-21

BUI Q.B. 2008. « Stabilité des structures en pisé : durabilité, caractéristiques mécaniques ». Thèse de doctorat. INSA, Lyon. 307 pages

CHAIBEDDRA S. 2012. « Durabilité du béton de terre stabilisée ». Mémoire de Magister. USTHB Alger. 150 pages.

CHAUCHAT H. 1985. « L'enquête en psycho-sociologie ». Coll. Le psychologue. Paris. 253 pages

CHOAY F. 1992. « L'Allégorie du patrimoine » Ed. Seuil, Paris. 271 pages

CNERIB 1993. « Guide technique du béton de terre stabilisée. » CNERIB-CRATerre.

CNERIB. 1992. « Projet HAB 24 – Filière BTS ». Alger. 27 pages

CNERIB. 2000. « Conception de logements économiques à base de produits localement disponibles ». Alger. 97 pages

COIGNET J. et COIGNET L. 2003. « La maison ancienne : construction, diagnostic, interventions ». Ed. Eyrolles, Paris. 148 pages

COINTERAUX F. 1790. « Même maison de terre sortant de la main de l'ouvrier ». Ecole d'architecture rurale, Paris. 32 pages

CONVENTION POUR LA PROTECTION DU PATRIMOINE MONDIAL, CULTUREL ET NATUREL. 1972. Paris.

CONVENTION POUR LA SAUVEGARDE DU PATRIMOINE CULTUREL IMMATERIEL. 2003.

COTE M. 1988. « *L'habitat rural en Algérie formes et mutations* », pp. 303

CRATerre. 1987. « Marrakech 87 Habitat en terre », Editions CRATerre. Grenoble (France) 253 pages

CRATerre-EAG. 2001. « Enseigner l'architecture de terre dans le monde : bilan et perspectives ». Ed. CRATerre-EAG, Grenoble Chaire UNESCO_ Consortium TERRA.

DAVIDOVICI V. 1984. « Cours de Génie Parasismique - A l'usage des architectes ». Ecole Spéciale d'Architecture (ESA). 40 pages

DETHIER J. 1982. « Architecture de terre, ou l'avenir d'une tradition millénaire » catalogue de l'exposition du Centre Georges Pompidou, France. 192 pages

DETHIER J. 1983. « Actualité des architectures de terre au Maroc » Ed. projet earth construction technologies appropriate to developing countries. France. 65 pages

DETHIER J. 2013. « 12^{ème} festival architectures de terre grains d'Isères, matières à construire (le bilan) ».

DJERABA, NAFA et RILA. 1991. « Aspect technique d'un prototype, in MATLOC 91 ». CNERIB, Alger.

DJERBIB Y. et HALL M. 2004. «Rammed earth sample production: context, recommendations and consistency. » Construction and building material 18 (4) pp. 281-286

DOAT P. HAYS A. HOUBEN H. MATUK S. et VITOUX F. 1979. « Construire en terre ». Ed. Alternatives et parallèles Collection An architecture. Paris. 265 pages

EUREKA et CRATERRE. 2009. « Grains de batisseurs : la matière en grains, de la géologie à l'architecture ». Exposition craterre 4 pages

FATHY H. 1970. « Construire avec le peuple » Ed. Jérôme martineau, Paris. 310 pages

FONTAINE L. et ANGER R. 2009. «Bâtir en terre. Du grain de sable à l'architecture. ». Ed. Belin/Cité des sciences et de l'industrie. 283 pages.

GRAWITZ M. 1990. « Méthodes des sciences sociales ». 8ème édition Ed. Dalloz. Paris. 1140 pages

GRECO-EAT et APB. 2002. « Sagacités, Vers un Système d'Aide à la Gestion des Ambiances urbaines ». Marseille.

GUILLAUD H. 2014. « Architectures de terre, un patrimoine universel » In festival Archi'TERRE.

HAMILTON HR. McBRIDE J. et GRILL J. 2006. « Cyclic testing of rammed earth walls containing post-tensioned reinforcement. » Earthquake Spectra. Vol 22, N° 4, pp 937-959

HAMOUNI M. TOUAF L et CHEKIRED Z, 2004. « Analyse du sol, intérêt agronomique. » Institut national des sols, de l'irrigation et du drainage (INSID). 25 pages

HASSAS N. 2012. « Etude du patrimoine architectural de la periode ottomane : entre valeurs et confort » Mémoire de magister en Architecture, Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou 181 pages

HEGGER M. FUCHS M. AUCH-SHWEIK V. et ROSENKRAZ T.al. 2010. « Construire: Atlas des matériaux ». Presses polytechnique et universitaires Romande. 280 pages

HOUBEN H. et GUILLAUD H. 1995. « Traité de construction en terre. » Ed. Parenthèses. Marseille. 355 pages.

IDIR L. 2013 «Présentation d'un guide technique de réhabilitation du patrimoine architectural en terre en Algérie ». Mémoire de magister en Architecture, Université Mouloud Mammeri. Tizi Ouzou. 155 pages.

KACI M. 2001. « Contribution à la protection de l'architecture rurale traditionnelle : Cas du village antique de Taksebt en Kabylie maritime ».Mémoire Magister, EPAU Alger. 127 pages

KACI M. 2006 « L'architecture rurale traditionnelle en kabylie, un patrimoine en péril. » In leçon d'histoire pp. 84-88

KEBAILI N. 2006. «L'architecture de terre contemporaine en Algérie, Evaluation post-occupation d'habitations rurales dans la région centre des hauts plateaux » Mémoire de magister en architecture, Epau Alger.

LIEBERHERR, R. 2006. « *le feu domestiqué : Usages et pratiques dans l'architecture moderne* » *Etablissements humains et environnement socio économique N° 54. UNESCO ONU.* 156 pages

MacLEOD D. 2002. «The case for improving the performance of indigenous earth dwellings in rural South-Africa. » Tech.rep. agrément South-Africa.7 pages

MAHDID S. 2012. « Le tourisme culturel durable comme facteur de mise en valeur du patrimoine architectural -Le cas de la ville historique de Tlemcen » Mémoire de magister en architecture, Université Abou Baker Belkaid –Tlemcen.

MANIATIDIS V. et WALKER P. 2008. « Structural capacity of rammed earth in compression.» *Journal of Materials in Civil Engineering.* Pp. 230-238

MASON R. 2002. « Assessing values in conservation planning, Methodological issues of cultural heritage. ». Ed Values and heritage Conservation Los Angeles. 125 pages

MAUNIER R. 1926 « La construction collective de la maison en Kabylie. Étude sur la coopération économique chez les berbères du Djurdjura. » Institut d'ethnologie Paris.

MICREAU JB. 1976 « Les grands symboles méditerranéens dans la poterie algérienne » SNAT

MINKE G. 2001. « Construction manual for earthquake-resistant houses built of earth. » GATE - BASIN (Building Advisory Service and Information network). Kassel. 51 pages

MONJO-CARRIO J. 2011. « Le diagnostic dans la restauration. Les études pathologiques » In workshop PG patrimoine architectural et urbain, Epau.

MORIZOT J. 1985. « Les Kabyles : propos d'un témoin » Publications du Centre des hautes études sur l'Afrique et l'Asie moderne.86 pages

MORRIS HW. et WALKER R. 2000. « Seismic design and construction of earth buildings in New Zealand. » Paper N° 2193, 12th World conference on earthquake Engineering, Auckland New Zealand

NECISSA Y. 2006. « Le patrimoine, outil de développement régional. » Mémoire de magister en architecture, Epau.

NOUI A. 2009. « Amélioration de la durabilité de la brique de terre séchée. » Thèse de Magistère, Université MB M'sila. 127 pages

NOWEIR S. 1983. « The El-Miniawy Architects in Algeria. » In Mimar Architecture in Development. 8 pp 7-17

ODUL P. 1983. « Des architectures de terre en Algérie, projet earth construction technologies appropriate to developing countries » Belgique. pp 404-413

OLIVIER S. 1988. « Evolution des recherches effectuées au CNERIB sur la construction en terre (rapport de mission) » CNERIB, Alger. 27 pages

ORIGET DU CLUZEAU C. 2005. « Le Tourisme Culturel ». Ed. Que Sais-je. 126 pages

PICARD D. et ROBINSON M. 2005. « Tourisme, culture et développement durable ». UNESCO 99 pages

PIGNAL B. 2005 «Terre crue : techniques de construction et de restauration» Ed Eyrolles, Collection au pied du mur 117 pages.

POULOT D. 1998. «Patrimoine et modernité ». Ed. L'Harmattan. 320 pages

QUIVY R.et CAMPENHOUDT LV. 1995. « Manuel de recherche en sciences sociales». Ed Dunod Paris. 284 pages

RAKOTOMAMONJY B. DOAT P., GILLAUD H. JOFFROY T. TRAPPENIERS M. ET GANDREAU D. 2012. « La DSA-Architectures de terre, formation post-Master en architecture de terre et la Chaire UNESCO « Cultures constructives et développement durable » » In Actes du Colloque international de l'UNESCO sur la conservation de l'architecture de terre du patrimoine mondial. Pp. 232 235

RAUCH M. 2007. « Earth house with European standard: A review of the project "rammed earth house" ». Éd. International symposium on earthen Structures. by the company Lehm Ton Erde Baukunst GmbH (Soil Clay Earth Building Art Ltd.) in Schlins, Austria. In: B.V.V. Reddy and M. Mani (eds.) International Symposium on Earthen Structures

RAVEREAU A. 1981 «Le M'Zab, une leçon d'architecture » Ed. Sindbad, Paris. 44 pages

RONDELET J. 2006. « Manuel de la sensibilisation à la restauration de la Maçonnerie. » Ministère de la Culture et de la Communication. France. 92 pages

ROUSSO H. 2003. « Le regard de l'histoire: l'émergence et l'évolution de la notion de patrimoine au cours du XXe siècle en France » Ed. Fayard.3389 pages

SABRI K. AOUDIA M. et LALLEM M. 2000. « Guide de gestion des marchés publics » Ed. Sahel, Alger. 58 pages

SAEZ G. 2004. « Institutions et vie culturelles ». La documentation française 172 pages

SALMI S. 2014. « Le matériau pisé entre vulnérabilité, durabilité et perception des usagers. Cas du village kabyle Ait Itchir » Mémoire de magister en Architecture, Université Mouloud Mammeri. 127 pages

SLITANE M. 1994. « Procède de construction en terre stabilisée par confinement et renforcement, in MATLOC 91 » CNERIB, Alger. 58 pages

SYNDICAT MIXTE DU SUD TOULOUSAIN. 2006. « Le patrimoine, conservation, restauration, valorisation : Etude pour l'élaboration du schéma directeur d'aménagement du sud Toulousain. »

TERKI Y. 2012. « Catalogue de l'exposition de terre et d'argile. » Ministère de la culture Alger

TERKI Y. 2013. « Matières à construire (le bilan) » 12ème festival architectures de terre grains d'Isères

VICENTE C. 1959. « L'habitation de Grande Kabylie (Algérie) » In fichier des Arts et Techniques d'Afrique du Nord n°5. Pp. 17-29

WURSTEISEN G. 2002. 1 « Architecture durable et Route de Rio, Héritage architectural ou urbain et développement durable », 21ème congrès de l'UIA à Berlin, juillet, programme de travail. pp. 1-7.

WWHEAP. 2012 « Inventaire de l'architecture de terre ». UNESCO

YAMANI L. 1994 « Cours de construction tome 1 » OPU Alger

ZAKRITI H. 2005. « La gestion des sites du patrimoine mondial au Maroc : le cas du ksar Ait Ben Haddou. » Mémoire diplômés propres aux écoles nationales supérieures d'architecture (DEPA).

ZEROUALA M. 1990. « L'enseignement de l'architecture en Algérie », In *Construire* n°37, Alger. 25 pages

Sites Internet :

» CRATerre : <http://craterre.org>

» Kéré architecture : <http://www.kerearchitecture.com>

» Voute nubienne : <http://www.lavoutenubienne.org>

» Association Empreinte : <http://empreinte.asso.fr>

» Association Asterre : <http://www.asterre.org>

» Global ArchiConsult : <http://www.globalarchiconsult.com>

ANNEXES

ANNEXE A:
Le bâtiment et le développement durable.

Le développement durable

La définition "développement durable" apparaît la première fois dans le rapport de Brundtland en 1987: "Le développement durable est un développement qui satisfait les besoins d'aujourd'hui sans compromettre la satisfaction des besoins de demain". [Van Duysen & Jumel., 2008].

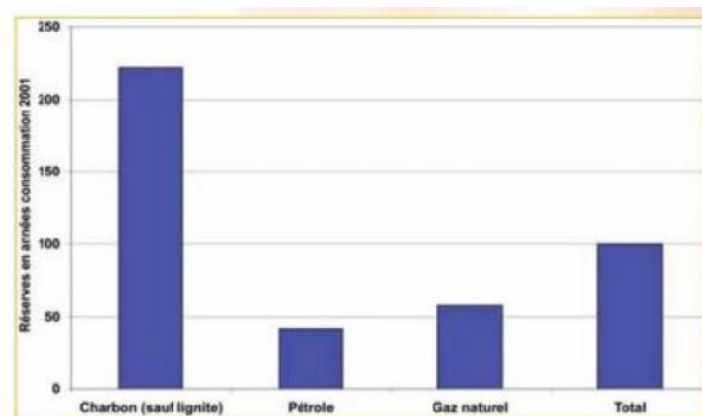
L'expression « développement durable » devient aujourd'hui incontournable dans le monde, c'est la conséquence d'une volonté de prise en considération des valeurs sociales, économiques et écologiques par l'ensemble des acteurs de la construction et plus généralement par tous [Cherqui, F et al, 2004].

Partant des principes du développement durable, l'architecture devra concilier ces valeurs :

- En termes de société : l'environnement bâti de par ces différentes caractéristiques (physiques, d'ambiance, sanitaires...etc.) détermine le confort ou l'inconfort des utilisateurs.
- En termes d'économie : la construction présente une part importante dans les dépenses de l'état, aussi il joue un rôle majeur dans le secteur de l'emploi, mais également, le secteur du bâtiment offre une opportunité importante en étant le plus grand gisement d'économie d'énergies.
- En termes d'environnement : la construction des bâtiments, leur entretien et leur exploitation représente une très grande part dans la consommation énergétique d'un pays avec pour corolaire, les émissions des GES. Ajouté à cela, d'autres nuisances existent liées à l'extraction des matériaux bruts, la fabrication de matériaux de construction, les déchets de construction et de démolition.

Problème d'épuisement des ressources naturelles

Les experts estiment qu'au rythme actuel, nous aurons épuisé les réserves de pétrole d'ici une quarantaine d'années et que la production de pétrole ne parviendra pas à suivre la croissance de la demande d'ici 2015-2035 [ORHL, 2006]



Réserve de pétrole en année de consommation 2001.

Source : BP Statistical Review, juin 2002 [ORHL, 2006]

Enjeux du développement durable dans le secteur du bâtiment

L'énergie consommée dans un cycle de vie d'un bâtiment se compose de trois types principaux suivants :

- l'énergie de fabrication des éléments de bâtiment : cette phase se compose des étapes suivantes : l'extraction des matières premières, leur transport, leur transformation, le transport des produits finis et leur mise en oeuvre in-situ.

- l'énergie consommée pendant l'utilisation du bâtiment : le chauffage, la ventilation, la climatisation, l'éclairage, etc.

- l'énergie de démolition et de traitement des déchets après la démolition.

L'enjeu du secteur du bâtiment dans le développement durable est donc de diminuer l'utilisation des énergies abordées au-dessus. Pourtant, la plupart des gens considèrent qu'un bâtiment ayant une bonne "performance énergétique" est un bâtiment qui a une bonne performance thermique pendant la phase d'habitation. C'est la raison pour laquelle des règles actuelles exigent seulement une bonne performance thermique des bâtiments dans cette phase (demande d'isolations thermiques, ...) mais pas encore aux autres phases. car plusieurs études, qui cherchent à améliorer la performance énergétique des bâtiments, ont montré que l'énergie consommée pendant la phase d'occupation est dominante. Selon ces études, l'énergie consommée pendant la phase de construction est seulement d'environ 15%. Pourtant, ces études ont encore plusieurs limites. Par exemple, ils n'ont pas encore tenu compte de l'énergie nécessaire pour le traitement des déchets après la démolition, etc.

Thormark dans son étude [Taylor, P et al, 2008] montre que plus on augmente la performance thermique du bâtiment pendant la phase d'occupation (par l'ajout des matériaux d'isolation), plus on augmente considérablement l'énergie consommée pendant la phase de construction (l'énergie de fabrication et de transport de ces matériaux). Et à partir d'un niveau de performance énergétique satisfaisant, on ne doit plus augmenter l'isolation thermique car la performance thermique n'augmente plus pendant que l'énergie de la phase de construction en augmente encore. Thomark a étudié l'énergie consommée des bâtiments à faible consommation énergétique (45kWh (162MJ)/m²). Le cycle de vie est assumé à 50 ans. Son résultat montre que l'énergie consommée pendant la construction est montée à environ 40% d'énergie totale de ces bâtiments de faible consommation énergétique.

En tenant compte de l'énergie du traitement des matériaux après la démolition (l'énergie du recyclage des matériaux, du stockage des déchets), l'étude de Thormark [Taylor, P et al, 2008] a montré que le recyclage contribue à un potentiel de 15% d'énergie totale dans toute la vie de ces bâtiments. Donc, on a 2 facteurs importants sur lesquels réfléchir en choisissant le matériau d'un bâtiment. C'est-à-dire un matériau présentant non seulement une très bonne performance énergétique mais aussi un fort potentiel de recyclage.

Contribution du bâtiment au développement durable

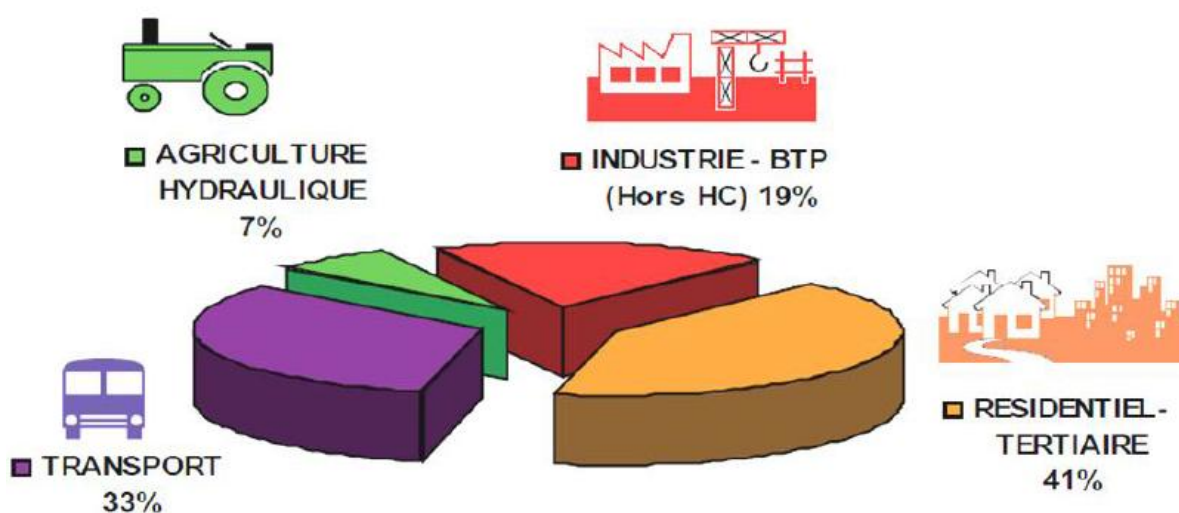
La fonction première du bâtiment est de protéger l'homme des agressions extérieures de son environnement ; nous en sommes pourtant arrivés aujourd'hui au stade où il faut protéger l'environnement des hommes et de leurs constructions [Cao, 2009]. La construction du XXIème siècle ne peut plus ignorer tout à la fois, les limites physiques de la planète, les exigences sociales en termes de sécurité et de bien-être, le rôle du bâti dans la culture et les contraintes fortes de l'environnement et de l'économie. Dans cette optique, le bâtiment doit participer au grand chantier du développement durable pour un bien-être social, une volupté économique et une sécurité environnementale. [Merzag, 2010].

Le contexte en Algérie : le bâtiment, l'énergie et l'environnement

On ne pourra estimer l'impact du secteur du bâtiment sur l'économie du pays, et principalement son caractère énergétivore sans passer en revue l'état de la production et de la consommation énergétique par produits et par secteurs.

D'après les chiffres recueillis, pour l'année 2005, par l'Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie (APRUE), dans son rapport sur la consommation énergétique finale de l'Algérie, la consommation nationale totale d'énergie finale s'élève à environ 17 millions de TEP (tonne équivalent pétrole) [Ministère de l'Energie et des Mines (APRUE), Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie, 2007].

La figure suivante illustre la répartition de cette consommation entre les différents secteurs de l'économie.



Répartition de la consommation finale par secteur d'activité en 2005

[Source : APRUE, 2007]

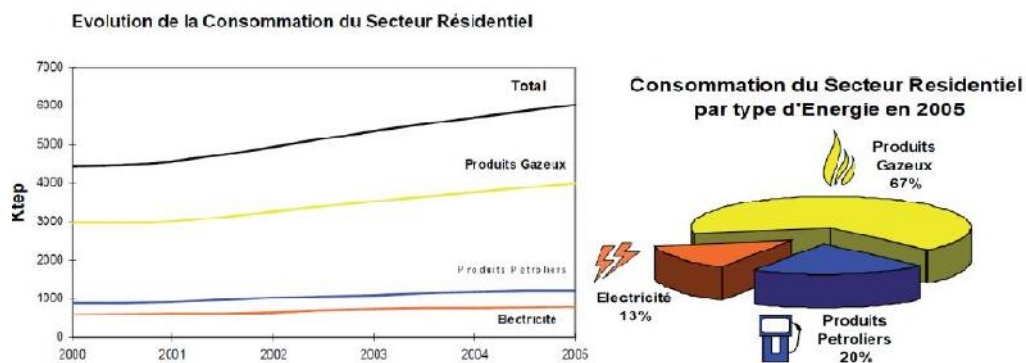
D'après les statistiques établies par l'APRUE, entre 2000 et 2005 [Ministère de l'Energie et des Mines [APRUE], Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation

de l'Utilisation de l'Energie, 2007], La consommation énergétique finale nationale a enregistré un taux de croissance moyen annuel de l'ordre de 5,68%.

La consommation d'énergie dans le secteur résidentiel en particuliers a augmenté considérablement au cours des dernières années du fait de l'accroissement du parc des bâtiments (un parc qui a triplé depuis l'indépendance à nos jours), de l'accroissement de la surface moyenne des logements, de l'augmentation du confort et de l'apparition de nouveaux besoins.

Avec un taux d'équipement des ménages de 70% et un taux d'électrification de 98% ainsi qu'un taux de raccordement au réseau gaz naturel est de 36%, la consommation énergétique moyenne annuelle d'un logement est arrivée à 1,050 tep.

La consommation finale du secteur résidentiel a atteint 6 millions de tep en 2005, un chiffre qui ne devrait pas s'arrêter là vu le taux d'évolution de la consommation de ce secteur.



La consommation du secteur résidentiel. [Source: APRUE L'évolution, 2007]

Les matériaux durables [Chabanne, 2006].

Les différents types de ressources disponibles Selon l'origine de la matière première qui constitue les matériaux de construction il est possible de dégager des grandes familles de matériaux. Nous avons donc défini un classement concernant les ressources actuelles en matériaux de construction :

- matériaux non-renouvelables : Comme défini ci-dessus, leur utilisation pose le problème de l'épuisement des ressources. L'utilisation de ces matériaux doit maintenant être limitée, et le principe d'assemblage réfléchi afin de permettre un recyclage aisé.

- matériaux renouvelables : ils présentent l'avantage de repousser, c'est une ressource durable dont l'utilisation doit être encouragée. Ces ressources doivent nous inspirer pour inventer de nouveaux systèmes constructifs.

- matériaux recyclés : cette catégorie regroupe tous les matériaux fabriqués à partir de matière première recyclée. La matière ainsi récupérée doit souvent subir un traitement particulier avant de redevenir un matériau. Souvent l'énergie nécessaire pour une seconde transformation est moins importante que celle nécessaire au passage de la ressource naturelle

au statut de matériau de construction. Certains déchets de notre grande consommation pourraient aussi être utilisés pour fabriquer de nouveaux matériaux, ce qui peut présenter un avantage en terme de gain de place dans les déchetteries.

Qualités des matériaux de construction durables

En déconstruisant le cycle de vie des matériaux comme une série d'actions, il est possible de quantifier le caractère durable d'un matériau par rapport à un autre. Certains matériaux, comme l'aluminium, ont besoin de beaucoup d'énergie et de produits chimiques pour passer de la matière au matériau, mais se révèlent avoir une stabilité exceptionnelle et un recyclage aisé. D'autres, comme le bois, sont moins énergivores et même intéressants en tant que stockage de CO₂, mais une fois traité pour augmenter sa durabilité il peut s'avérer dangereux pour la santé des occupants et risque de polluer l'eau une fois qu'il sera mis en décharge. En étudiant l'implication des matériaux de construction à travers la vie des bâtiments, trois phases se dégagent. Pour chaque phase il est possible de définir des actions précises concernant les matériaux de construction, chacune de ces actions permettant de caractériser un effort particulier dans le sens du développement durable.

Il suffit qu'un matériau respecte un de ces caractères en plus qu'un matériau comparable pour qu'il soit considéré comme plus durable.

Avant qu'il soit dans le bâtiment :

- mesures de prévention de la pollution à la fabrication,
- mesures de réduction des déchets à la fabrication,
- contenu recyclé,
- réduction de l'énergie induite,
- utilisation de matériaux naturels.

Dans le bâtiment :

- réduction des déchets pendant la construction,
- matériaux locaux,
- efficacité énergétique,
- traitement et conservation de l'eau,
- utilisation de matériaux non-toxique ou moins toxique.

Après le bâtiment :

- réutilisation,
- recyclabilité,
- biodégradabilité.