



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et
Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة غرداية

Université de Ghardaïa

كلية العلوم والتكنولوجيا

Faculté des Sciences et de la Technologie

قسم الري والهندسة المدنية

Département Hydraulique et Génie Civile

N° d'enregistrement

Mémoire

/...../...../...../...../.....

Pour l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Science et Technologie

Filière : Génie Civile

Spécialité : structure

THÈME :

LES HABITATS ANCIEN ET /OU PRÉCAIRE

{PATHOLOGIES ET REMÈDES}

Soutenu le 24 /09/2021

Par :

KIOUAS SABRINA & SAYAH BEN AISSA SAADIA

Devant le jury composé de :

AZOUZ Fatima Zahra Grade MAA Univ Ghardaia Examineur

AZIEZ Med Nadjib Grade MAA Univ Ghardaia Examineur

LAROUI Abdelbasset Grade MAA Univ Ghardaia Encadreur

Année universitaire : 2021/2022

Remerciement

A la fin de ce modeste travail, nous tenons en premier lieu, à remercier Allah le tout puissant pour ses bénédictions, de nous avoir donné de la force, la volonté, la patience et le courage qui nous ont permis à réaliser ce travail afin de terminer nos études en génie civile.

Nous adressons nos remerciements, en second lieu, à nos très chers parents pour leurs prières, leurs encouragements, leur patience et tout ce qu'ils ont sacrifié pour nous.

Nous adressons également un grand remerciement à notre directeur de recherche Mr. LAROUI Abdelbasset pour son encadrement, pour l'aide qu'il nous a apporté afin de développer notre compétence de recherche et d'acquérir une expérience scientifique.

Nous remercions spécialement notre enseignant Dr. AMIEUR Abdenacer qui nous a beaucoup aidés en nous donnant ses conseils précieux.

Nous tenons à témoigner notre profonde reconnaissance et exprimer nos remerciements les plus sincères à tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Nous tenons à remercier les membres du jury pour avoir consenti à lire ce mémoire de Master.

Nous adressons nos remerciements à l'équipage administratif du département des sciences et technologies et à l'OPVM et Mr. Cherif Miloud pour leur aide à la recherche de la documentation nécessaire afin de réaliser ce modeste travail.

اهداء

إلى قرة العين...إلى من جعلت الجنة تحت قدميها... إلى التي حرمت
نفسها وأعطتني ومن نبع حنانها سقتني...إلى من وهبتني الحياة، منحنتني الحب
والحنان،

ربنتي بلطف وعلمتني كلمتي الشرف والحياة...إلى تلك المرأة العظيمة...

صديقتي وحببيتي أمي الحنوننة.

إلى أعظم الرجال صبراً...ورمز الحب والعطاء...إلى الذي تعب كثيراً
من أجل راحتي

وأفنى حياته من أجل تعليمي...وتوسم في درجات العلى والسمو...إلى ذلك

الرجل العظيم أبي.

إلى من جمعتهم معي ظلمة الرحم...إلى من يعيش في كل وجودهم أملي:

إخوتي يوسف، أيوب، شهرزاد، إسراء، جيهان.

وإلى كل الأقارب دون استثناء.

إلى من جمعني بهم مشعل العلم: داليا شروق إيمان

وكل طلبة وأساتذة الهندسة مدنية دفعة 2021

إلى من جمعني بهم الصداقة إلى الذين اكتملت الحياة بهم واكملت مسيرتي

الدراسية معهم عزيزات قلبي صديقاتي حفظهم الله لي: سعدية إكرام هاجر

زينب مريم الزهرة ...

إلى من انجز معي هذا العمل: رفيقة دربي وصديقتي السايح بن عيسى سعدية

إلى كل من علموني أن العلم سلاح وأخلاق.

إن الذين نحبهم ونعزهم مكانتهم ليست بين الأسطر والصفحات، لأن مقامهم أجل

وأعلى فالقلب سكناهم والذكرى ذكراهم والعقل لن ينساهم.

SABRINA KI

إهداء

أهدي هذا العمل إلى من قال فيهما الله سبحانه وتعالى

« واخفض لهما جناح الذل من الرحمة وقل رب ارحمهما كما ربياني صغيرا »

[الإسراء/24]

إلى قرة العين... إلى من جعلت الجنة تحت قدميها... إلى التي حرمت نفسها وأعطتني ومن
نبت حنانها سقتني... إلى من وهبتني الحياة، منحنتني الحب والحنان، ربتي بلطف
وعلمتني كلمتي

الشرف والحياة... إلى تلك المرأة العظيمة أُمي الحنونة

إلى الرجل الذي تضج المجالس بطيب ذكره. إلى الذي شاب رأسه من أجل راحتي وتعليمي
وتوسم في درجات العلى والسمو... إلى الذي طالما طلبته نجمتين يأتيني بالسماء كلها... إلى
رمز الحب والأمان أبي الغالي

إلى من جمعتهم معي ظلمة الرحم... إلى من يعيش في كل وجودهم أُملي: إخوتي. سعد،
عائشة، عبد الصمد، سماح، فاطمة الزهراء حفظهم الله.

أهدي هذا العمل إلى كل من يحمل اسم السايح بن عيسى والعالم «افتخرا لي ولهم.

إلى كل من جمعنتي بهم الصداقة أو مشعل العلم صديقاتي وزملائي: عائشة، إكرام، سليمة،
حورية، مارياء، زينب، رانيا، شهرزاد، مريم، فاطمة الزهراء، زمرد سفيان، مجيد، زين
العابدين، عمار، أسامة... إلخ

إلى من انجزت معي هذا العمل ورفيقة الدرب الصديقة والزميلة **كيوص صيرينة**

إلى كل من علموني أن العلم سلاح وأخلاق.

إن الذين نحبهم ونعزهم مكانتهم ليست بين الأسطر والصفحات، لأن مقامهم أعلى وأعلى

فالقلب سكناهم والذكرى ذكراهم والعقل لن ينساهم.

SAADIA SBA

Résumé

Résumé :

Les bâtiments patrimoniaux sont parmi les bâtiments les plus anciens et les plus précieux, mais avec le temps et l'obsolescence de leur âge, ils peuvent être sujets à la détérioration et à la faiblesse de l'un de leurs éléments et structures, ou ils peuvent même être menacés de s'effondrer et devenir un danger pour les biens et les résidents pour diverses raisons et facteurs, et c'est ce qu'on appelle les maladies habitats anciens.

Ce mémorandum est une étude portant sur une étude approfondie sur la pathologie des habitats anciens et les particularités de leurs installations et les dangers qui les menacent. Nous avons également essayé de prendre les mesures et méthodes de traitement nécessaires afin de préserver leur valeur patrimoniale et architecturale.

Dans ce travail, nous avons effectué une visite sur le terrain de deux maisons endommagées à Qasr Ghardaïa dans la vallée du M'Zab << quartier Al Mujahideen >>, où nous avons effectué un examen visuel et pris des photos d'un groupe de dommages. L'objectif est de diagnostiquer et de classer les différents types de maladies et de déterminer les causes de leur apparition en se basant sur la méthodologie de la réhabilitation et en suivant les méthodes scientifiques qui nous permettent de suivre le rythme des méthodes de ce projet et de proposer des solutions radicales pour préserver le bâtiment et exclure sa démolition.

Les mots clés : patrimoine, habitat ancien, matériaux locaux, pathologies, dégradation, diagnostic, remèdes, réhabilitation

Résumé

Abstract:

Heritage buildings are considered among the oldest and most valuable buildings, but with the passage of time and progress, they can be subject to deterioration and weakening of one of their elements and structures, or they may be threatened with collapse and become a danger to the properties and residents of all kinds. Causes and factors this is called the disease of old buildings.

This memorandum is concerned with a comprehensive study of the diseases of old buildings and the characteristics of their facilities and the dangers that threaten them, and we have tried the important procedures and ways to address them to protect their heritage and heritage value.

In this work, we visited two damaged houses in Qasr Ghardaia in the M'Zab Valley, "The Mujahideen", where we made a visual examination and took some pictures of the damage in order to diagnose and classify the different types of diseases and determine their causes. The reasons for its occurrence based on the rehabilitation methodology and following scientific methods that allow us to pursue this project and propose radical solutions to preserve the building and exclude its demolition.

Key words: heritage, old habitat, local materials, pathologies, degradation, diagnosis, remedies, rehabilitation

Résumé

المخلص:

تعتبر المباني التراثية من أقدم المباني وأعظمها قيمة، ولكن مع مرور الوقت وتقادمها، يمكن أن تكون عرضة للتدهور والضعف في أحد عناصرها وهيكلها، أو حتى يمكن أن تكون مهددة بالانهيار وتصبح خطراً على الممتلكات والمقيمين لأسباب وعوامل مختلفة، وهذا ما يسمى بأمراض الموائل القديمة.

إن هذه المذكرة تختص بدراسة شاملة حول علم الأمراض للموائل القديمة وخصوصيات منشأتها والأخطار التي تهددها كما حاولنا التطرق لاتخاذ الإجراءات الضرورية وطرق علاجها للحفاظ على قيمتها التراثية والمعمارية.

في هذا العمل قمنا بزيارة ميدانية لمنزلين متضررين في قصر غارداية بواد مزاب "حي المجاهدين" حيث قمنا بالمعاينة البصرية والتقاط الصور لمجموعة من الأضرار، الهدف من ذلك هو التشخيص وتصنيف مختلف أنواع الأمراض وتحديد أسباب وقوعها، بالاعتماد على منهجية إعادة التأهيل وإتباع الطرق العلمية التي تسمح لنا بمسايرة هذا المشروع واقتراح حلول جذرية للمحافظة على المبنى واستبعاد هدمه.

الكلمات المفتاحية: التراث، الموائل القديمة، المواد المحلية، الأمراض، التدهور، التشخيص، العلاجات، إعادة التأهيل.

Numéro	Titre	Page
Figures 01	une grotte d'un ancien habitat primitif	08
Figures 02	cas d'une ancienne habitation en pierre	08
Figures 03	cas d'une ancienne habitation en bois	09
Figures 04	la maison kabyle	09
Figures 05	balcons « gové aurasse »	09
Figures 06	la maison du m'Zab	10
Figures 07	maison de la kasbah	10
Figures 08	composantes et équipement d'une maison du Bou-Mansour	11
Figures 09	maison traditionnelle kabyle	12
Figures 10	plan du 1 ^{er} et 2 ^{er} niveau d'une maison Chaouia	12
Figures 11	plan du 3 ^{eme} niveau d'une maison Chaouia	13
Figures 12	A), B) la maison traditionnelle du soufi	13
Figures 13	la maison traditionnelle touareg	14
Figures 14	présentation de la wilaya de Ghardaïa	15
Figures 15	présentée la vallée de M'Zab et les ksour avec les palmerais	16
Figures 16	les ksour de la vallée M'Zab	16
Figures 17	ordre chronologique des ksour de la vallée du M'Zab	17
Figures 18	ksar Ghardaïa	18
Figures 19	le minaret de ksar Ghardaïa	18
Figures 20	vue sur l'habitation de Ghardaïa	19
Figures 21	la place de marche de ksar Ghardaïa	20
Figures 22	les réseaux viaires	20
Figures 23	la palmeraie de ksar Ghardaïa	21
Figures 24	l'espace mozabite	21
Figures 25	image d'un patio d'une maison du M'Zab	23
Figures 26	les escaliers « Tissounéne »	23
Figures 27	image d'un ikomar d'une maison du M'Zab	24
Figures 28	une porte de la maison mozabite	25

Figures 29	chebec non couvert au niveau	25
Figures 30	façade d'une maison mozabite	26
Figures 31	espace de stockage	26
Figures 32	maison de la palmeraie	30
Figure 33	Les composants de la terre	33
Figures 34	les techniques de construction	33
Figures 35	corrélation entre les techniques de construction et le taux en eau	34
Figure 36	la cohésion	34
Figures 37	test du toucher	36
Figures 38	test du cigare	37
Figures 39	test de cohésion	38
Figures 40	test de résistance à l'état sec	39
Figures 41	faible résistance à sec	40
Figures 42	test de consistance	40
Figures 43	préparation de terre avec l'eau	41
Figures 44	la fixation de l'argile l'ajout de fibre végétale	41
Figures 45	le coulage de terre dans le moule	42
Figures 46	l'écarte de température entre la couche d'adobe et le centre	43
Figures 47	construction en pierre	44
Figures 48	présente l'intérieur du four est recouvert d'argile	45
Figures 49	présente la pose des premières pierres à l'intérieur du four	45
Figures 50	présente chargement du four par l'extérieur	45
Figures 51	présente le four après allumage du bruleur	45
Figures 52	cycle de la chaux	45
Figures 53	présente la sortie du four des morceaux de pierre de chaux vive	46
Figures 54	présente sacs de chaux vive en morceaux	46
Figures 55	présente de chaux vive poudre	46
Figures 56	présente la chaux vive est mise dans un bidon rempli d'eau	46
Figures 57	présente le pétrissage	46

Figure 58	on laisse la pâte se repose une semaine	46
Figure 59	cycle du plâtre	47
Figure 60	mur à un seul ranger	47
Figure 61	mur en pierre à double rangée	48
Figure 62	pointe de convergence de deux murs ou intervient l'emboîtement entre les pierres	48
Figure 63	pilier d pierre forme carrée	49
Figure 64	plafond traditionnelle	49
Figure 65	fondation traditionnelle	50
Figure 66	remontée capillaire au niveau du mur	51
Figure 67	effondrement de construction en argile à cause des eaux des crues	52
Figure 68	l'incompatibilité des matériaux dans la structure porteuse	53
Figure 69	hétérogénéité de mortier utilisé entre les adobes	53
Figure 70	l'effet du ciment sur la construction traditionnelle	54
Figure 71	l'effet surcharge sur la construction traditionnelle	54
Figure 72	construire la partie inférieure des mures avec des pierres et de l'enduit de chaux	56
Figure 73	revêtement mur en terre cuite avec une couche de mortier d'argile	56
Figure 74	Faïençage dans un enduit de façade, avec un réseau de microfissures	62
Figure 75	les microfissures à largeur 2 mm	62
Figure 76	les fissures d'une maison	63
Figure 77	une lézarde de plusieurs centimètres de largeur	63
Figure 78	fissures en escalier	64
Figure 79	fissures traversâtes sur mure ancienne	64
Figure 80	Répare les fissures par enduit verticales	65
Figure 81	Répare les fissures par enduit horizontales	65
Figure 82	Réparer les fissures inclinées.	65
Figure 83	Remplir les fissures avec du mortier époxy.	66
Figure 84	méthode d'injection	66
Figure 85	Traitement des fissures des broches	66

Figure 86	Renforcement éventuel de la structure avec un élément porteur (poutre, poteaux).	67
Figure 87	dégradation de plancher de maison de Ghardaïa	68
Figure 88	L'apparition d'humidité sur l'interface	68
Figure 89	Bas de mur traité par injection de résine	69
Figure 90	Des joints détériorés avant et après la restauration	68
Figure 91	Des palmes et des branches d'arbres dont la friction avec les façades	69
Figure 92	détérioration des pierres.	69
Figure 93	réparation la détérioration des pierres	70
Figure 94	la rupture des linteaux en bois ou en pierre au-dessus ou coté des ouvertures.	71
Figure 95	les effets de la végétation branchent d'arbres et racines	73
Figure 96	Renouveler le revêtement détérioré avec les mêmes caractéristiques que le mortier déjà utilisé	74
Figure 97	farinage de peinture	74
Figure 98	vue sur l'encrassement.	75
Figure 99	vues sur le nuançage	76
Figure 100	vues sur les Moisissures, Mousses,	77
Figure 101	la corrosion dans maison de Ghardaïa	77
Figure 102	vues sur les mouvements des fondations	78
Figure 103	Efflorescence	79
Figure 104	présente la situation de projet	92
Figure 105	présente la situation de projet	92
Figure 106	éaiement de fenêtre	93
Figure 107	éaiement de plancher	93
Figure 108	dégradation de façade de « maison1	94
Figure 109	remontée capillaire au niveau de mur du façade « maison 1 »	94
Figure 110	dégradation de façade de « maison2 »	94
Figure 111	cristallisation des sels sur la surface « maison 1 »	95
Figure 112	remontée capillaire et fissure de « maison2 »	95
Figure 113	revêtement délabré	96

Figure 114	Décapage	96
Figure 115	Nettoyage des joints	96
Figure 116	Nettoyer à l'aide de brosse dure	96
Figure 117	Aspersion avec de l'eau	96
Figure 118	Remplissage des joints	96
Figure 119	Revêtement primaire	96
Figure 120	Revêtement final	96
Figure 121	Traitement de la surface à l'aide d'un régime de datte	96
Figure 122	Revêtement parfait	96
Figure 123	fissurations démarrant à la hauteur de la toiture, « maison1 »	97
Figure 124	dégradation de toiture de « Maison 1 »	97
Figure 125	Corrosion des aciers Sur le plancher de « maison 1 »	97
Figure 126	Fissure : -au niveau de plafond de « maison 1 »	98
Figure 127	fissure oblique de maison1	99
Figure 128	détachement de revêtement et fissure oblique de maison1	99
Figure 129	Dégradation des escaliers de « Maison 1 »	100
Figure 130	Dégradation de mur de « maison 1 »	100
Figure 131	fissurations de toiture de maison2	101
Figure 132	effondrement de toiture de maison2	101
Figure 133	présence de moisissures (champignons) et les insectes de « maison 2 »	102
Figure 134	dégradation de plancher de « maison 2 »	102
Figure 135	fissure horizontal au niveau de plafond de « maison2	103
Figure 136	détachement de revêtement à l'intérieur de « maison2 »	104
Figure 137	Fissures horizontale séparant les murs de « maison2 »	104
Figure 138	Revêtement à l'escalier en marbre abimé	105
Figure 139	danger d'effondrement	106

Numéro	Liste des Tableaux	Page
Tableau 01	Classification générale des pathologies liées des habitats.	58
Tableau 2	Le tableau montre comment réparer l'interface des ouvertures	72
Liste des Schéma		
Schéma 1	Le traitement de la cristallisation des sels et l'évacuation des immondices	68
Schéma 2	Les quatre phases successives dans un processus de réhabilitation correcte	84
Schéma 3	Récapitulatif des étapes du processus de réhabilitation	85
Schéma 4	Schéma récapitulatif de la phase du diagnostic	90

Remerciement	
Dédicace (Sabrina Kiouas).....	
Dédicace (Saadia SBA).....	
Résumé.....	
Abstract.....	
ملخص.....	

Chapitre introductif

I. Introduction générale.....	1
II. Problématique.....	2
III. Hypothèses.....	3
IV. Objectif de la recherche.....	3
V. Méthodologie.....	3

Premier chapitre : les typologies et les modes constructifs de l'habitat ancien

Introduction	5
I. Introduction sur l'habitat.....	6
II. Définitions.....	6
III. Les typologies d'habitats.....	6
1. Habitat rural.....	6
2. Habitat urbain.....	7
3. Habitat suburbain et périurbain.....	7
4. Habitat précaire.....	7
IV. Approche historique.....	7
1. Préhistoire.....	7
2. L'âge de pierre	8
3. L'âge de bronze	8
4. Période romaine	8
• Aurrasse, berbère.....	9
• Arabo musulmane (habitat de M'Zab).....	9
• L'architecture ottomane (la Casbah).....	10
5. Période coloniale entre (1914 et 1945).....	11
6. Période poste coloniale	11

V.	Les caractéristiques de la maison traditionnelles en Algérie.....	11
	1. La maison kabyle	11
	2. La maison chaoui.....	12
	3. La maison de souf.....	13
	4. La maison traditionnelle touareg.....	13
	5. La maison mozabite.....	14
V.5.1.	Présentation de la ville de Ghardaïa	14
V.5.2.	Présentation de la vallée de m’Zab	15
V.5.3.	Les ksour de la vallée de m’Zab	16
V.5.3.1.	Présentation de Ksar Ghardaïa.....	17
V.5.3.2.	Les éléments structurants du Ksar Ghardaïa	18
	• La mosquée.....	18
	• L’habitation.....	18
	• Le souk (place du marché).....	19
	• Les réseaux viaires	19
	• La palmeraie.....	20
V.5.4.	description de maison mozabite.....	20
V.5.4.1.	détails des plans et coupes	21
	• Organisme du RDC.....	21
	• Organisme de l’étage.....	22
V.5.4.2.	Dispositions spatiales.....	22
	• Le patio.....	22
	• L’escalier.....	23
	• L’ikomar.....	23
	• Les fenêtres.....	24
	• La porte.....	24
	• Les ouvertures	25
	• La façade.....	25
	• Les rangements.....	25
	• Système d’approvisionnement en eau potable.....	26
V.5.5.	Les différents types de maison de la vallée du M’zab.....	26
V.5.5.1.	maison urbain.....	26
	• Les plans de la maison urbaine.....	27

V.5.5.2. maison de la palmeraie.....	29
• Les plans de la maison de la palmeraie.....	30
V.5.6. La structure de la maison mozabite.....	30
V.5.6.1. Les fondations	30
V.5.6.2. Les murs porteurs.....	30
V.5.6.3. Les toits.....	31
V.5.6.4. La colonne	31
V.5.6.5. L'arc	31
V.5.7. les matériaux de construction et les tests ces matériaux.....	31
V.5.7.1. construction en terre	31
V.5.7.1.1. Qu'est-ce que l'argile.....	31
V.5.7.1.2. Ses types.....	31
V.5.7.1.3. Les composantes de la terre.....	32
V.5.7.1.4. Les différentes techniques utilisées dans la construction en terre	32
V.5.7.1.5. Corrélation entre la technique de construction et le taux en eau.....	33
V.5.7.1.6. Les caractéristiques essentielles de la terre.....	33
V.5.7.1.7. Les Caractéristiques de l'argile en tant que matériau de construction...34	
V.5.7.1.8. Construction en adobes dans la vallée du M'Zab	34
V.5.7.1.9. Tests et essais pour choisir la terre appropriée.....	35
• test du toucher.....	35
• Test de cohésion.....	35
• Les résultats (test de cohésion).....	36
V.5.7.1.10. Analyse de la terre par l'observation sensorielle et visuelle	37
V.5.7.1.11. Test de résistance à sec.....	38
V.5.7.1.12. Test de consistance.....	39
V.5.7.1.13. préparation de la terre	40
1. Le tri et criblage.....	40

2. Mélange de la terre.....	40
3. La fixation	40
4. Le coulage	41
5. Le séchage.....	41
V.5.7.1.14. Les facteurs affectants la fabrication des briques en terre cuite.....	41
V.5.7.2. Construction en pierre.....	42
V.5.7.2.1. La chaux.....	43
V.5.7.2.1.1. La mise en œuvre de fabrication de chaux.....	43
1. Préparation de four.....	44
2. Le défournage.....	45
3. Préparation de mortier de chaux.....	45
V.5.7.2.2. Le plâtre (Temchemt).....	45
V.5.7.2.3. technique de construction en pierre.....	46
• Mur de pierre à un seul ranger.....	46
• Mur de pierre à deux rangers.....	47
• Emboitage des pierres.....	47
• Les piliers en pierres.....	48
• Plafond traditionnel.....	48
• Les fondations.....	48
V.5.8. Les causes de la détérioration des constructions en argile.....	49
V.5.9. Les recommandations relatives à la conservation de la construction en argile ..	54
Conclusion.....	56

Deuxième Chapitre : Etude des pathologies et remèdes

I -Introduction générale.....	58
II- Les principales causes de désordre	59
1-les pathologies humides	59
2- les pathologies structurelles	59
III-Diagnostic et analyse de pathologie et le remède.....	60
III.1-Les fissures en générale.....	60

III.1.1. Le constat.....	61
III.1. 2. Classification des fissures.....	61
a) Faiçençage.....	61
b) Microfissures.....	61
c) Fissures fines	62
d) Lézardes et fissures Traversant.....	62
3-analyse des désordres	63
4. Réparation et traitement des fissures dans les murs porteurs.....	64
III.2 .L'humidité.....	66
III.2 .1.Le constat.....	66
III.2 .2. Analyse des désordres	66
III.2 .3. Traitement.....	67
III.3 -La détérioration des Pierres.....	69
III.3 .1.Le constat.....	69
III.3. 2. Analyse des désordres	70
III.3 .3. Traitement.....	70
III.4. Ouvertures.....	71
III.4.1. Le constat.....	71
III.4.2. Analyse des désordres	71
III.4.3. Traitement.....	71
III.5.Murs de clôture.....	73
III.5.1. Le constat.....	73
III.5.2. Analyse des désordres	73
III.5.2. Traitement.....	73
III.6.le farinage.....	74
III.6.1. Le constat.....	74

III.6.2. Analyse des désordres	75
III.6.3. Traitement.....	75
III.7.l'encrassement.....	75
III.7.1. Le constat.....	75
III.7.2. Analyse des désordres	75
III.7.3.Traitement.....	76
III.8. le nuançage.....	76
III.8.1. Le constat.....	76
III.8.2. Analyse des désordres	76
III.8.3. Traitement.....	76
III.9. Moisissures.....	76
III.9.1. Le constat.....	76
III.9.2. Analyse des désordres	77
III.9.3. Traitement.....	77
III.10. la corrosion.....	77
III.10.1. Le constat.....	77
III.10.2. Analyse des désordres	78
III.10.3. Traitement	78
III.11. les mouvements des fondations.....	78
III.11.1. Le constat.....	78
III.11.2. Analyse des désordres	78
III.11.3. Traitement.....	79
III.12. Les efflorescences.....	79
III.12.1.Le constat.....	79

III.12.2. Analyse des désordres	79
III.12.3.Traitement.....	79
Conclusion.....	80
Troisième chapitre : les méthodes de réhabilitation et études des cas	
Introduction.....	83
I .Techniques et méthodes de réhabilitations	83
II . 1. Perspectives et justification d'une politique d'intervention «la réhabilitation».....	83
II.1.1. objectifs et étape d'une opération de réhabilitation	83
II.1.1.1.La connaissance.....	84
II.1.1.2. La réflexion du projet.....	84
II.1.1.3. La vie utile.....	85
II.1.2. Etapes d'une opération de réhabilitation.....	85
II.1.2.1. Le pré-diagnostic.....	85
II.1.2.2.1. Le rapport du pré-diagnostic.....	86
II.1.2.2.2.Etudes pluridisciplinaires (analyse).....	86
II.1.2.2.3. Programme d'études pluridisciplinaires.....	86
II.1.2.2.3.1. Domaine social.....	86
II.1.2.2.3.2. Domaine historique (Etude historique et documentaire).....	87
II.1.2.2.3.3. Domaine architectural.....	87
II.1.2.2.3.4. Domaine constructif.....	88
II.1.2.2.3.5. Inspection des désordres.....	89
II.1.2.2.3.6. Relevé des désordres.....	89
II.1.2.2.3.7. Relevé des matériaux et techniques de mises en œuvre.....	89
II.1.2.2.3.8. Relevé des différentes installations.....	89
II.1.2.2.3.9. Relevé des abords de la construction.....	90

II.1.2.2.4. Diagnostic (synthèse).....	90
II.2. Pratiques d'interventions inhérentes à la préservation.....	91
II.3. Mise en œuvre du projet de traitement et de restauration.....	91
II.4. Suivi, protection et maintenance.....	91
Cas d'études.....	92
✓ La genèse du projet	92
✓ Situation de l'objet d'étude	92
✓ Introduction de la partie.....	92
✓ L'état général d'édifié Etat général du bâtiment.....	92
✓ Les mesures d'urgence	92
Relevée désordre (maison 01 et 02).....	93
Conclusion.....	103
Conclusion Générale.....	105

Chapitre Introductif

Chapitre introductif

Le patrimoine est une notion qui sauve l'histoire des peuples, ainsi présente un témoin sur le progrès des civilisations. Celui-là aussi reste toujours la source d'inspiration pour les futures générations, ceci dit qu'il est nécessaire de penser à interpréter ses principes dans le développement et l'amélioration de plusieurs domaines que ce soit, l'urbanisme, l'architecture, l'économique, le tourisme, la politique et la religieuse.

Au cours de ces dernières années les débats qui portent sur la sauvegarde des monuments historiques tournent autour de l'intégration et de l'adaptation de ces derniers à la vie contemporaine. D'ailleurs les monuments ont du mal à nous parler, le temps les a rendu aphasiques, ils ont même parfois perdu leur sens original parce qu'ils n'ont plus de fonctions. Généralement le patrimoine monumental est classé en cinq catégories : l'architecture religieuse, funéraire, l'architecture civile publique, l'architecture civile privée, l'architecture agricole et industrielle.

L'Algérie, comme tous les pays de la méditerranée, est caractérisée par la multiplicité de ses vestiges et de ses ruines qui sont par leur diversité des témoins des différentes civilisations.

Le patrimoine de notre pays présente des signes inquiétants de vieillissement qui nécessitent une intervention urgente. Les différentes opérations de réhabilitation menées jusqu'à présent restent très limitées vu l'absence de spécialistes dans le domaine et d'outils permettant de bien mener ces opérations comme le plan d'action efficace. La connaissance du système constructif de la construction, des matériaux utilisés, la typologie, l'environnement avoisinant sont des éléments indispensables lors d'une opération de diagnostic d'un édifice.

Actuellement, les habitats anciens et les installations ont été exposés à de nombreuses pathologies, certaines dues aux conditions environnementales et naturelles, telles que les tremblements de terre, les ouragans, les vents, les inondations, les facteurs d'érosion, etc., et certaines en raison des effets des manifestations modernes de la civilisation - les incendies, les produits chimiques, les mines, les égouts, certains à cause d'actes de guerre, de résistance et de terrorisme.

Ces bâtiments sont considérés comme la richesse nationale de tout Etat ou nation qui peut être préservée en les remettant pour les générations à venir. Avec la hausse des prix des terrains de construction du monde, ainsi que le coût élevé de la construction et de ses matériaux, la restauration des bâtiments anciens est devenue un impératif et une bonne option pour préserver les terres et les bâtiments au moindre coût dans les pays développés et en développement du monde, qui ont tous deux grand besoin d'être restaurés pour préserver leur patrimoine humain et leur richesse nationale et celui qui fait la restauration doit être un ingénieur avec certaines qualités parce que ingénieur en restauration, Expert Docteur (psychologique, cosmétique) .

Les structures de génie civil sont très concernées par les problèmes de dégradations, de vieillissements, de corrosions, d'agressions diverses, etc... Ces structures étant « plus sensibles », il est indispensable de les protéger efficacement et d'assurer une inspection et un entretien régulier de ces structures.

Chapitre introductif

Une fois les causes ainsi que les pathologies diagnostiquées, il est nécessaire de prévoir des travaux de réhabilitation afin de redonner à la structure ses caractéristiques physiques et mécaniques initiales. Afin de retarder ou de limiter de nouvelles pathologies similaires, il est possible de protéger la structure. Il existe un grand nombre de protections, elles sont à choisir selon les différentes pathologies, mais aussi sur la durée de pérennisation espérée. Elles vont du simple revêtement appliqué sur le parement, aux traitements électrochimiques.

I. Problématique :

Notre pays a subi plusieurs mutations qui ont engendré par les civilisations qui y ont traversé depuis des siècles et siècles tel que : la période préhistorique, l'ère islamique qui a immortalisé une variété des preuves et monuments historiques. Ces civilisations ont laissé plusieurs traces qu'ont restées jusque à nos jours.

Et la préservation du patrimoine algérien reste une problématique, Il présente aujourd'hui un état de dégradation avancé dont la cause est multiple à savoir l'indifférence, la négligence, le manque d'entretien, les transformations incontrôlées (illicites) ..!! [1].

L'ingénieur en restauration s'occupe du bâtiment endommagé ou défectueux comme le médecin s'occupe du patient, car l'ingénieur en restauration traite son cas en douceur pour identifier les symptômes et les manifestations des dommages, puis effectue l'inspection, l'examen, l'analyse et se tient debout causes de la maladie et des dommages et ensuite effectuer le traitement et après le traitement, Prévention pour éviter la répétition de ce qui s'est passé [2].

Le diagnostic est un moment clé lorsqu'il y a présence de pathologies. En effet, si la source du problème est mal diagnostiquée, les réhabilitations préconisées ne correspondront pas réellement à ce qui est nécessaire et l'ouvrage sera toujours soumis aux mêmes attaques. Pour effectuer un diagnostic, différents moyens d'investigation sont disponibles. On a d'une part les méthodes destructives, pour les structures pouvant être localement dégradées et les méthodes non destructives pour les ouvrages nécessitant d'être préservés et puis restaurés tels que les bâtiments classés monuments historiques [3], Malgré tous ces engagements, on trouve que y'a quelques monuments qui non pas été inséré dans le programme de ces opérations, tel que les maison qui situé dans le Ksar de Ghardaïa, celui-là a été dans un état délicat à cause de la durée de sa vie et le changement climatique qui ont influencé sur la nature de la bâtisse.

C'est à cet effet, que nous avons choisi d'étudier l'habitat Ksourien de la région de ghardaia, alors :

1) Quelles sont les pathologies dans l'habitat ancien ?

2) Quel type de pathologie ? Et Quelles sont les remèdes ?

3) Est-ce que la réhabilitation est la meilleure solution pour protéger les habitats anciens ?

II. Hypothèse :

Cette problématique nous a mené à avancer l'hypothèse suivante :

La réhabilitation est une opération qui consiste en la modification d'un immeuble ou d'un groupe d'immeubles, ou d'équipement en vue de leur donner les commandités essentielles. Dans ce contexte la réhabilitation pourrait- il la solution adéquate pour sauver les habitats anciens.

III. Objectifs de la recherche :

Dans la science de l'ingénierie et de la construction architecturale, nous savons que tout bâtiment ancien est peut-être exposé à la dégradation et à l'anéantissement au cours de son cycle de vie, avec un âge minimum de 50 ans. Autrement dit, il peut être à un certain nombre de maladies et des déformations cela pour l'affaiblir et conduire à un effondrement. **Notre objectif** de ce travail est de connaître précisément les pathologies auxquelles l'ancien habitat et exposé de diagnostiquer la source des dommages et de se concentrer sur ses principales causes, car le diagnostic est l'une des étapes les plus difficiles de la réhabilitation, et d'élaborer un plan pour savoir comment pouvoir les remédier et avec les différents moyens ou méthodes disponibles pour maintenir la stabilité de la structure.

IV. Méthodologie :

Les méthodes et outils d'investigation ont les outils qui nous aidons à traiter à bien la démarche méthodologique, ils sont plus que nécessaire en vue d'une bonne gestion du temps et une meilleure maîtrise du sujet totalement.

Par L'ensemble des méthodes et outils suivants on a essayé de développer notre travail, ces derniers ont nous soutenu à clarifier notre processus de recherche et tenter de répondre à notre questionnement :

- L'analyse conceptuelle avec la recherche théorique : à travers les livres les archives, les ouvrages, les thèses et les mémoires, et les données théoriques sur les sites Web.
- Diagnostic (état des lieux + les analyses), L'analyse, l'observation et enquête sur terrain...
- L'analyse typo morphologique : l'analyse urbaine, la superposition des cartes, et des photos, les différents diagnostics...

1^{er} chapitre :

**Les typologies et les modes
constructifs de l'habitat
ancien**

Introduction :

Dans ce chapitre, nous présenterons les différents typologies structurels et éléments architecturaux liés au patrimoine de l'Etat algérien au niveau des étapes historiques, et nous apprendrons les matériaux et techniques de construction des maisons traditionnelles en Algérie en général et dans la région de la vallée du M'Zab en particulier.

I. Généralité sur L'habitat :

Le concept le plus ancien de l'histoire de l'humanité a accompagné cette dernière à travers les lieux et les temps, en occupant des espaces et prenant des formes aussi variées, que la variété des repères qu'il se définit sous l'influence de facteurs naturels, sociaux ou culturels. Depuis son plus lointain passé, l'homme a toujours éprouvé un besoin de retrouver, à la fin de son labeur, un lieu de repos, lui procurant un peu de confort, et un lieu de refuge, lui assurant également un abri contre tous les dangers. Ce lieu a évolué à travers l'histoire, et a pris de différentes formes, tout en n'étant pas forcément, fixe et unique. [4]

II. Définitions :

-La notion de l'habitat : L'habitat est l'un des plus anciens témoignages de la civilisation de l'homme, cette notion a accompagné l'histoire de l'humanité en créant à chaque fois des formes et modèles variés à travers des lieux, des temps et des environnements différents.

Selon Le dictionnaire Robert l'habitat est « le milieu géographique propre à la vie d'une espèce animale ou végétale ». Selon Larousse encyclopédique l'habitat se définit comme :

- Partie de l'environnement définie par un ensemble de facteurs physique, et dans laquelle vivent un individu, une population, une espèce ou un groupe d'espèces.

Ensemble de faits géographiques relatifs à la résidence de l'homme : l'habitat rural, L'habitat urbain, L'habitat suburbain et périurbain, L'habitat précaire [5].

-Des immeubles d'habitation : lieu de résidence habituelle · préférer une habitation en ville.

-Habitat de point de vue urbain : il est constitué d'espaces publics structurant un bâti d'usage privé et un bâti d'usage public et d'éléments non bâtis.

-Habitat de point de vue morphologique : c'est l'ensemble des systèmes en évolution qui créent le lieu des différentes activités.

-L'habitat de point de vue fonctionnel : L'habitat est un ensemble de : Logement et prolongement extérieure, Equipements et prolongement extérieures, Lieu de travail secondaire ou tertiaire.

III . Les typologies d'habitat:

1. Habitat rural : Il se développe hors de l'aire urbanisée en ordre dispersé, il offre des conditions d'habitat privilégiées, malgré la rareté des équipements et services. Ce mode de logement tire parti d'un environnement bénéfique et exerce simultanément une empreinte, tantôt en harmonie au site, tantôt en décalage. Dans ces secteurs, une bonne compréhension des composantes majeures du site, ainsi que des caractéristiques de

l'architecture locale et traditionnelle permettent des choix adéquats d'échelles, matériaux, couleurs et végétaux [4].

2. Habitat urbain : Situé au cœur de la ville, les anciens quartiers offrent des conditions intéressantes d'habitat, du fait de la proximité des services, de la diversité sociale, du potentiel d'appropriation spatiale du logement et de ses prolongements (les espaces extérieures). "Dans toute la mesure du possible, il convient de valoriser ce type d'habitat plutôt que de le raser aux seules fins de densification" [4].

3. Habitat suburbain et périurbain : Ce type d'habitat situé à la périphérie des villes, présente un cadre de vie banlieue sans âme. Il manque des éléments de cohésion sociale, tels que lieux de rencontre, activités de proximité etc.... Le décor architectural manque parfois d'originalité. Généralement ce type d'habitat est trop dense [4].

4. Habitat précaire : Ce type d'habitat groupé dans la ville constitue des poches de pauvreté dépourvues de toute viabilisation et ne répondant nullement aux conditions minimales de salubrité. [6]

IV. Approche historique :

1. Préhistoire

2. L'âge de pierre

3. L'âge de bronze

4. Période romaine

- Aurasse, berbère
- Arabo musulmane (M'Zab)
- Ottomane (Casbah)

5. Période coloniale

6. Poste coloniale

1. Préhistoire

L'habitat semble être un des plus anciens concepts de l'humanité, un concept à peu près aussi important que celui de nourriture. L'appartement de nos immeubles modernes n'est qu'un maillon au bout d'une longue chaîne qui commence avant même que l'homme de préhistoire aménage sa grotte en édifiant des murs extérieurs et en cloisonnant et plafonnant l'intérieur de sa demeure à l'aide de peaux tendues [4].



Figure 01 : une grotte d'un ancien habitat primitif [7]

2. L'âge de pierre :

Le néolithique marque un changement fondamental dans l'usage et la taille de la pierre. Si, au sens strict, il signifie « âge de la pierre récente » (terme moins employé), il met en évidence l'écartement progressif de la pierre au profit de la céramique et d'un nouveau genre de vie fondé sur la domestication des plantes et des animaux. [4].



Figure 02 : cas d'une ancienne habitation en pierre [4]

3. L'âge de bronze :

C'est à l'âge de bronze que l'homme exploite toutes les possibilités offertes par le bois. Il édifie des murs en colombage et commence à utiliser le mortier. Plus de 2 000 ans av J.-C.



Figure 03 : cas d'une ancienne habitation en bois [4]

4. Période romaine :

L'organisation des espace se fait autour de l'atrium, ce dernier est un espace vert avec une jette d'eau, cet espace assure la ventilation et l'ensoleillement de la maison.

- La Maison Kabyle : La construction de la maison Kabyle se fait par rapport à la contrainte externe, et elle est construite par rapport aux courbes de niveaux et face au soleil levant.
- La Maison Aurasse : La maison chaoui est implantée perpendiculairement aux courbes de niveau. La maison chaoui est organisée et structuré par un espace central, c'est le centre symbolique et fonctionnel [4].

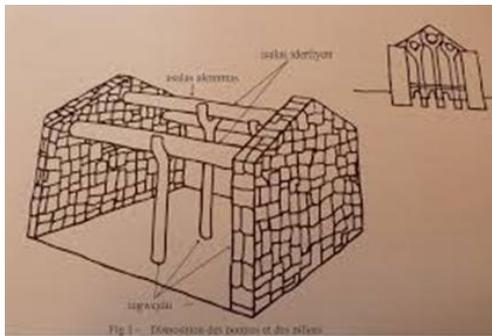


Figure 04 : La maison kabyle [8]



Figure 05 : Balcons "Govi" Aurasse [9]

L'architecture islamique naissse de plusieurs architectures et surtout :

- Arabo musulman :

L'Atrium romain devenu ELFINAA dans l'architecture islamique, cet espace joue le rôle de l'espace organisateur des espaces internes de la maison.

- **Habitat de M'Zab** : Le module de base est organisé par un espace central, lieu d'activités domestiques et de regroupement, cet espace est souvent matérialisé par une cour centrale [4].



Figure 06 : maison du Mzab [10]

- **L'architecture ottomane :**

Est un concept développé à partir de l'architecture islamique et l'architecture turc et byzantin. On remarque que le concept des maisons ottomanes c'est presque la même de maison islamique et que la cour central EL FINAA organise tous les espaces de la maison.

- **Habitat de La kasbah :** Le meilleur exemple de l'habitat ottoman .Le patio central (ELFINAA) est toujours l'espace organisateur, lieu des activités domestique [4].

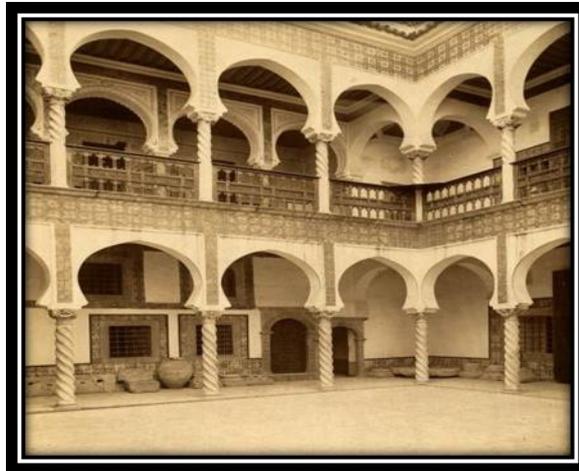


Figure 07 : Maison de la kasbah [11]

5. Période coloniale Entre 1914 et 1945 :

La maison coloniale exprime la vie militaire de l'habitant européen, tous les espaces sont organisés autour d'un couloir avec une organisation linière.

6. Période poste coloniale :

En 1962, l'économie Algérienne était dans une situation grave due à son état de dépendance structurelle et aux

Destructions de la guerre. Dé 1963 à 1966, le rythme de livraison ne dépassait 6.000 logements par an, une période de propagation des programmes ruraux ou de reconstruction [4]

V. Les caractéristiques de La maison traditionnelle en Algérie :

Il y a plusieurs types de maison traditionnelles en Algérie, ou chaque type est caractérisé par Ses particularités de l'autre, tels que les matériaux de construction, les espaces et les hauteurs, mais elles partagent la caractéristique d'être parties du patrimoine culturel et traditionnel en peut distinguer,

1. La maison kabyle : les habitants de la région de Kabylie dépendent pour construire leurs maisons de matériaux simples faits de terre et de pierre, où les murs sont érigés d'une certaine épaisseur et soutenus par des branches de frêne, d'oliviers et deux piliers pour installer le toit. Et c'est en plaçant ce qu'on appelle "Aggo", qui est une grosse branche au milieu de la maison et elle est plus haute que les deux grosses branches placées sur les bords, puis suivez les branches en plaçant "mouton" pour mélanger le sol avec de l'eau ajoutée par-dessus, afin de la stabiliser et de faciliter la dernière étape de la construction de la maison, qui est la pose des briques. Toute la maison est finie, mais une partie de la décoration y reste soumise. De l'intérieur, où se trouve la soi-disant « caserne », c'est-à-dire une petite pièce construite avec des branchages et du bois, et les murs sont construits avec l'attribution d'une petite fenêtre où cette pièce est destinée à la chambre et le fond est actionné ou des « casernes » comme l'étable ou la soi-disant « adénine ». [12]

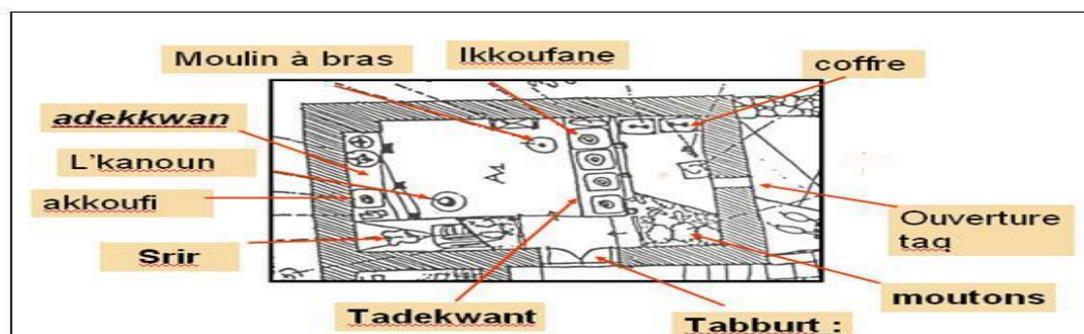


Figure 08 : Composants et équipement d'une maison de Bou- Mansour. [14]

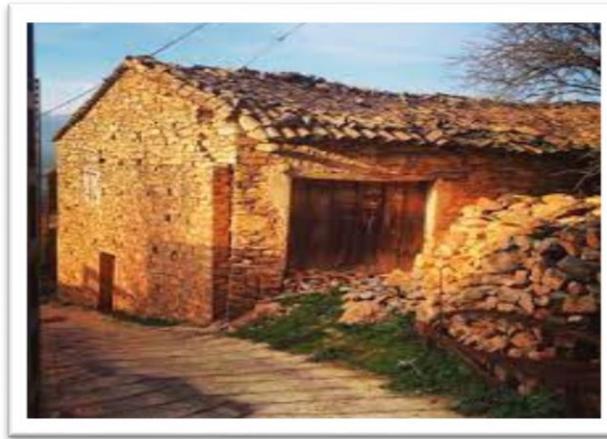


Figure 09 : Maison traditionnelle kabyle [11]

2. La Maison chaoui : Dans le village « dechera chaouia » ou « Tadarth », les maisons sont adossées aux mi versants de montagnes s'intégrant ainsi au site rocheux. Un escalier est créé grâce à ces maisons «la terrasse de la maison sert de plancher à la maison supérieure. La couverture, donc, est une terrasse légèrement en pente qui déborde sur les murs »

L'aération des maisons est assurée à l'aide des trous qui ont une forme triangulaire.

L'accès à une habitation est généralement hiérarchisé et se fait par le biais de trois espaces : la porte, le seuil et la sqifa (Tasquift). La porte donne sur des espaces intermédiaires : la cour, la Sqifa ou la salle principale. Pour accéder à d'autres espaces, à l'intérieur de la maison, d'autres seuils sont à franchir. La porte, un dédoublement d'accès presque toutes les maisons sont munies de deux accès l'un pour les animaux, c'est une petite porte basse qui se limite souvent à un assemblage de bois de moindre qualité et peu travaillé dont le seuil est à un niveau inférieur. L'autre pour les hommes : la porte est faite en bois de cèdre finement travaillé et renforcée par des éléments protecteurs. [13]

Exemple de plan d'une maison chaoui : maison sur trois niveaux :

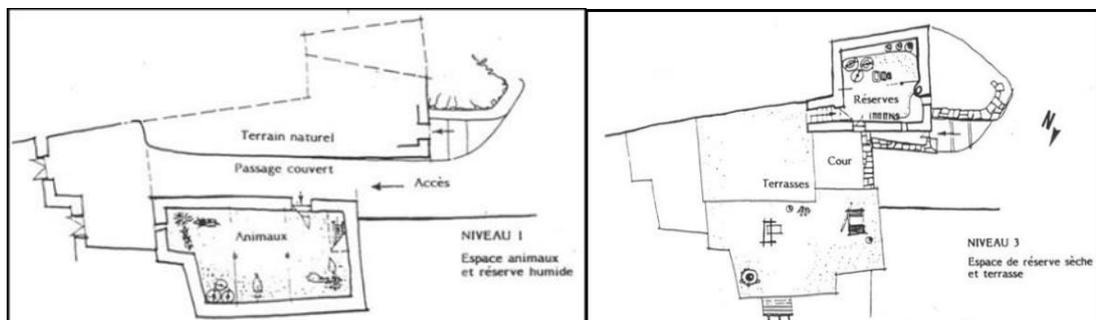


Figure 10 : Plan du 1^{er} et 2^{eme} niveau d'une maison Chaoui [14].

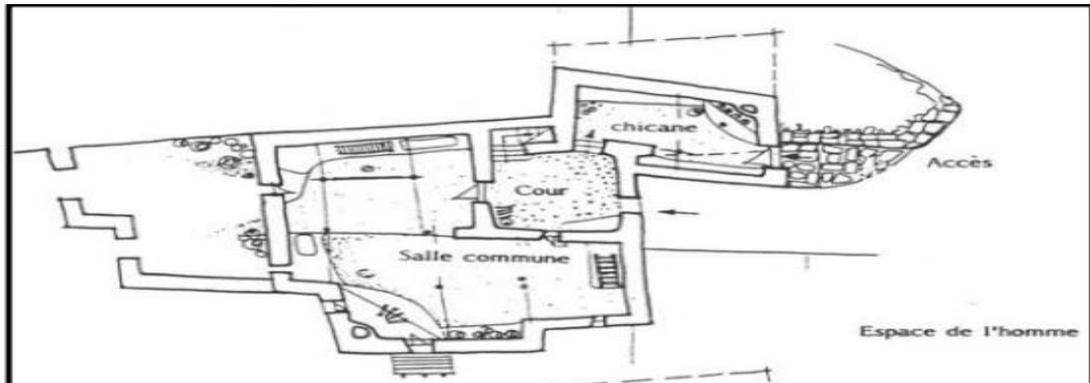


Figure 11 : Plan du 3^{eme} niveau d'une maison Chaoui [14].

3. La maison du Souf : La maison du Souf se montre comme un lieu clos, cela est dû à ses murs aveugles qui ont pour but la préservation de l'intimité de ses habitants. Les dimensions des pièces dans la maison du Souf sont réduites, les ouvertures sont présentes avec des dimensions réduites et elles sont perchées assez hautes. La toiture est l'élément qui caractérise la maison du Souf, elle se présente en voûte ou en coupole pour ne pas amasser le sable « tous ces facteurs permettent de créer un microclimat intérieur qui ne nécessite ni chauffage en hiver, ni climatisation en été ».

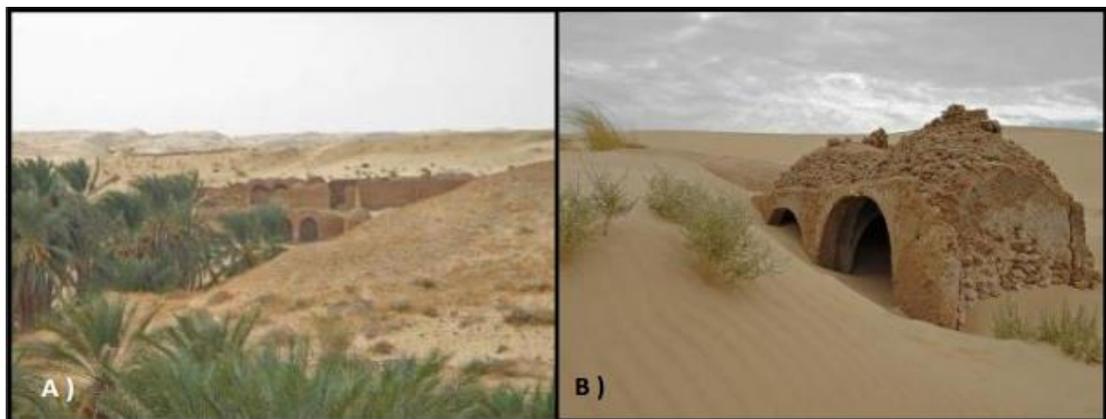


Figure 12 :A), B) La maison traditionnelle du Soufi. [15]

4. La maison traditionnelle Touareg : La maison traditionnelle Touareg est nommée « LA ZERIBA », elle est construite avec des matériaux locaux, à savoir la pierre et les feuilles de palmiers. Elle est placée au pied d'une colline ou d'un petit mont pour assurer la défense contre les vents de sable [16].



Figure 13 : La maison traditionnelle Touareg. [16]

4. **La maison mozabite** : est située au nord du désert algérien dans la ville de Ghardaïa dans l'un des palais de la région, qu'il s'appelle ksar Ghardaïa.

Partie 01 :

V.5.1. Présentation de la zone d'étude :

La Wilaya de Ghardaïa est située à 600 KM au sud de la capitale Alger.

La wilaya de Ghardaïa est limitée au nord par la wilaya de Laghouat (200 km) ; au nord est par la wilaya de Djelfa (300 km) ; à l'est par la wilaya d'Ouargla (200 km) ; au sud par la wilaya de Tamanrasset (1470 km) ; au sud- ouest par la wilaya d'Adrar (400 km) ; à l'ouest par la wilaya d'El-Bayad (350 km).

La Wilaya couvre une superficie de 86.560 km² se répartissant comme suit :

Elle est caractérisée par des plaines dans le Continental Terminal, des régions ensablées, la Cheb ka et l'ensemble de la région centrale et s'étend du Nord au Sud sur environ 450 km et d'Est en Ouest sur environ 200 km.

Les Escarpements rocheux et les oasis déterminent le paysage dans lequel sont localisées les villes de la pentapole du M'Zab et autour duquel gravitent d'autres oasis (Berriane, Guerrara, Zelfana, Metlili et beaucoup plus éloignée au Sud El-Menia).



Figure 14 : présentation de la wilaya de Ghardaïa [17]

V.5.2. Présentation de la vallée de m'Zab :

La vallée de M'Zab, chef de lieu de la wilaya de Ghardaïa, elle regroupe une population de de près de 150 000 habitant répartie dans les quatre communes (daya ben dahoua , Ghardaïa ,bounoura et atteuf)

Elle est constitué de cinq ksour el atteuf, mlika, béni izguen, et Ghardaïa qui témoignent d'un savoir-faire urbanistique et architectural millénaire et unique au monde, " ce riche héritage historique a permis à la vallée d'être classée comme patrimoine national en 1971 et comme patrimoine universel par l'Unesco en 1982 " [18]

Les cités-oasis du M'Zab doivent leur célébrité à l'ingéniosité de leur system d'urbanisation et de conception architecturale dans un milieu aride et inhospitalier.

En effet, le territoire est structuré pour capitaliser les ressources hydriques de l'oued M'Zab et rentabiliser l'occupation spatiale, chaque ksar dispose d'une palmeraie, d'un ensemble de cimetières et d'ouvrage défensifs qui délimitent sa mitoyenneté avec les ksour voisins

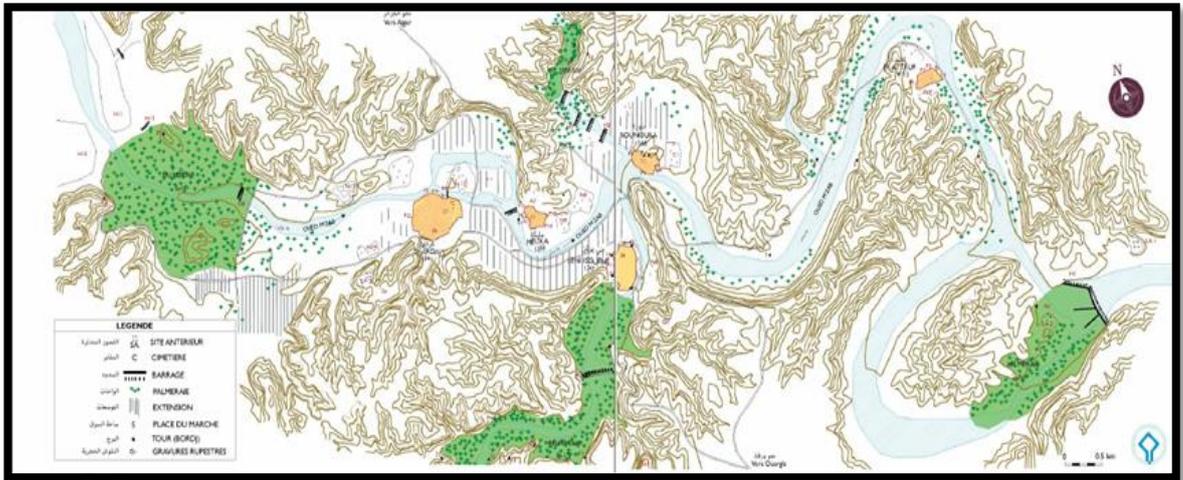


Figure15 : présentée la vallée de M'Zab et les ksour avec les palmerais [10]

V.5.3. Les ksour de la vallée de M'Zab :

Oued M'Zab est notable par ses ksour millénaires caractérisés par un même style architectural particulier unifié avec cependant quelques différences d'un ksar à un autre. Les ksour de Mzab sont classés comme suit : Elatteuf, Bounoura, Ghardaia, Béni Isguen, Mlika.

Les Ksour de la vallée sont classés chronologiquement comme suit :



Figure16 : Les ksour de la vallée de m'Zab [10]

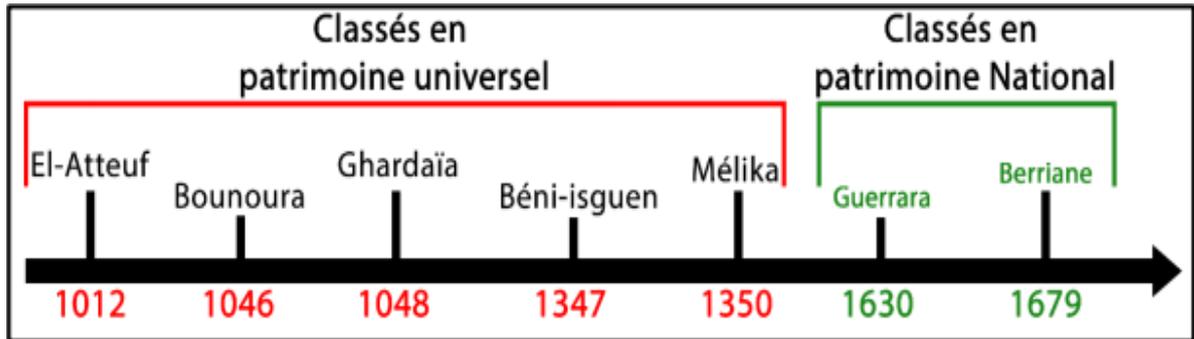


Figure 17 : Ordre chronologique des Ksour de la vallée du M'Zab. [19]

V.5.3.1. Présentation du KSAR de Ghardaïa :

Le palais de Ghardaïa a été construit en 1048 et selon les informations tribales, nous avons découvert que le palais était nommé en langue berbère : (Tagardit en berbère) est considérée comme la capitale du Mzab, et il constitue le palais le plus important de la vallée de du point de vue des structures sociales et économiques. . Ghardaïa est célèbre pour son souk, quelques mausolées et édifices, la mosquée et son minaret en forme de tronc pyramidal très allongé sur toute la ville. La palmeraie de Ghardaïa, qui se situe à deux kilomètres du haut de la ville, est de loin la plus prospère, avec environ 60 000 palmiers.

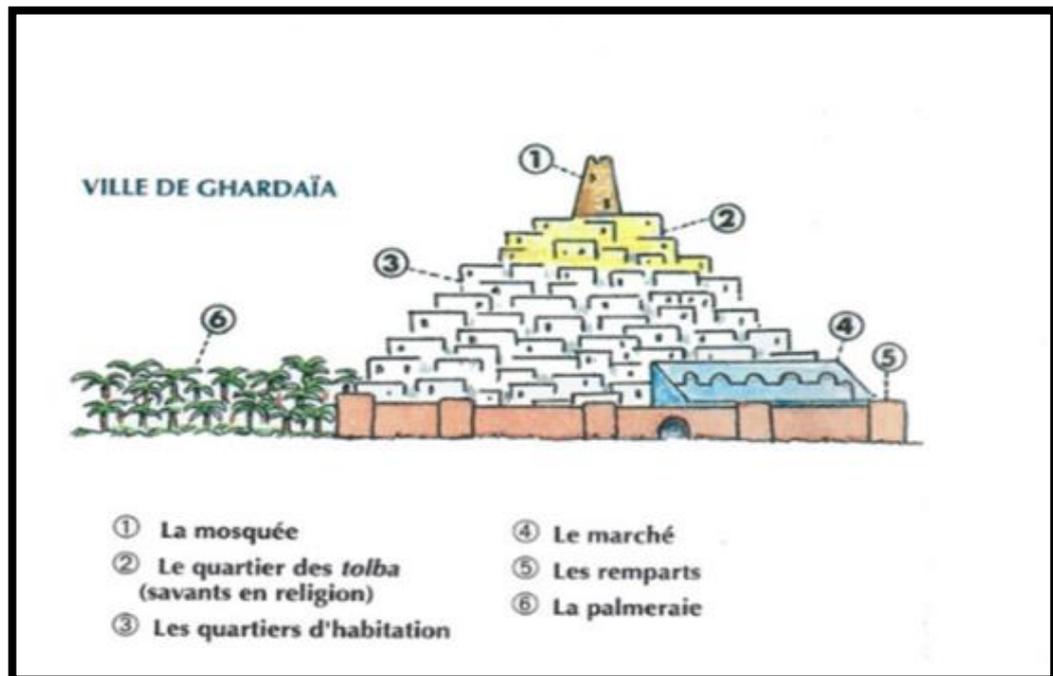


Figure18 : ksar Ghardaïa [11]

V.5.3.2. Les éléments structurants du Ksar:

- **La mosquée :**

C'est l'élément le plus important de la ville, imposant par son volume et sa position dominante, élément ordonnateur et structurant de point de vue morphologique, il est le cœur de la ville, en qualité d'espace de culte, siège du gouvernement, lieu de rassemblement, forteresse de défense et espace d'enseignement, etc....



Figure19 : le minaret de ksar Ghardaïa [19]

- **L'habitation :**

C'est autour de la mosquée, que sont implantées les habitations, la structuration de l'espace d'habitation résulte de la mise en réseau de cellules simples qui engendrent un espace central (le patio), centre vital de la maison. La maison est articulée à l'espace public impasse ou rue, par une entrée en chicane.

Les maisons du pourtour alignées sur le front de la rue engendrent ces alvéoles et les protègent avec leurs enveloppes, elles constituent pour ainsi dire des maisons remparts.

Les maisons s'imbriquent les unes dans les autres, la mitoyenneté est fortement traitée et toutes les maisons communiquent entre elles à travers les terrasses.

- **Le souk (place du marché) :**

Cet espace est une vaste place, une grande cour découverte, de forme irrégulière rectangulaire, et entièrement entourée de galerie de portique sur laquelle s'ouvrent les boutiques et les magasins-réserves.

Le souk est le centre d'activité de la ville c'est aussi le lieu de rencontre et d'accueil des étrangers. Il se trouve rejeté à la périphérie de l'ancienne ville [22].



Figure 21 : la place de marche de ksar Ghardaïa [20]

- **Les réseaux viaires :**

C'est comme les artères et un moyen de communication entre ses différentes parties, son but est le passage et le transit seulement.



Figure 22 : Les réseaux viaires [20]

- **La palmeraie :**

Les palmeraies sont situées à proximité des villes, elles comportent de nombreux ouvrages hydrauliques, barrages d'absorption, galerie souterraine, puits, ruisseaux artificiels ou rigoles (seguaia).

Ces oasis tendent à devenir de véritables cités d'été. On y construit de plus en plus de maisons pour profiter, à la saison chaude, de la relative fraîcheur que dispense l'ombre des palmiers et de l'eau. [22]



Figure 23 : la palmeraie de ksar Ghardaïa [22]

V.5.4. Description de maison mozabite:

L'espace mozabite se présente suivant une logique, un ordre bien précis. Il traduit un ordre social bien déterminé et renvoie une image de cohérence et de rigueur. La ville se développe suivant un schéma radio-concentrique, dont le centre est attribué à la mosquée [13].

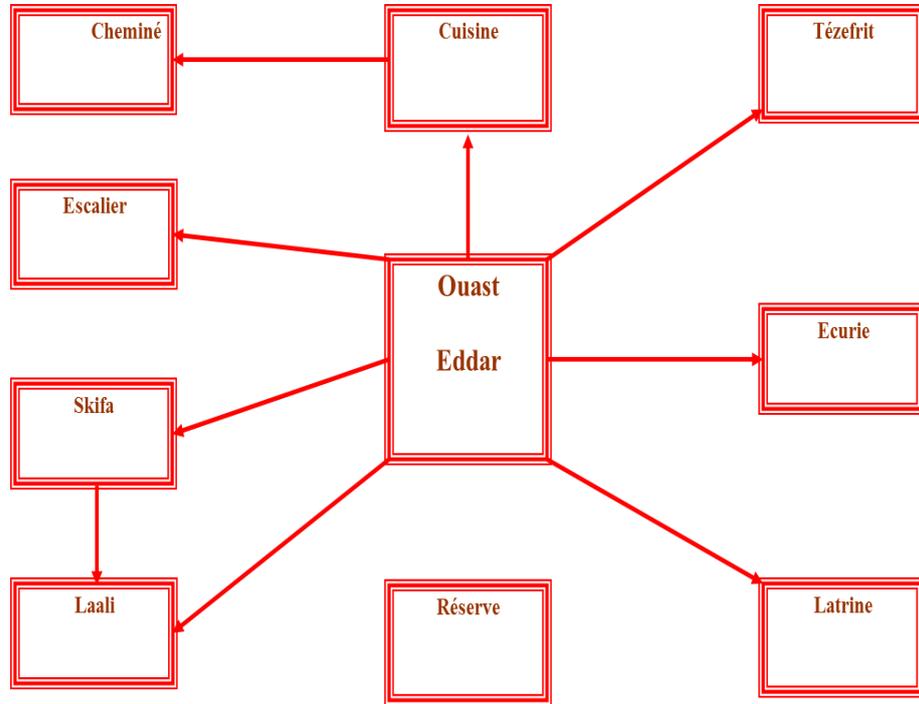


Figure 24 : l'espace mozabite

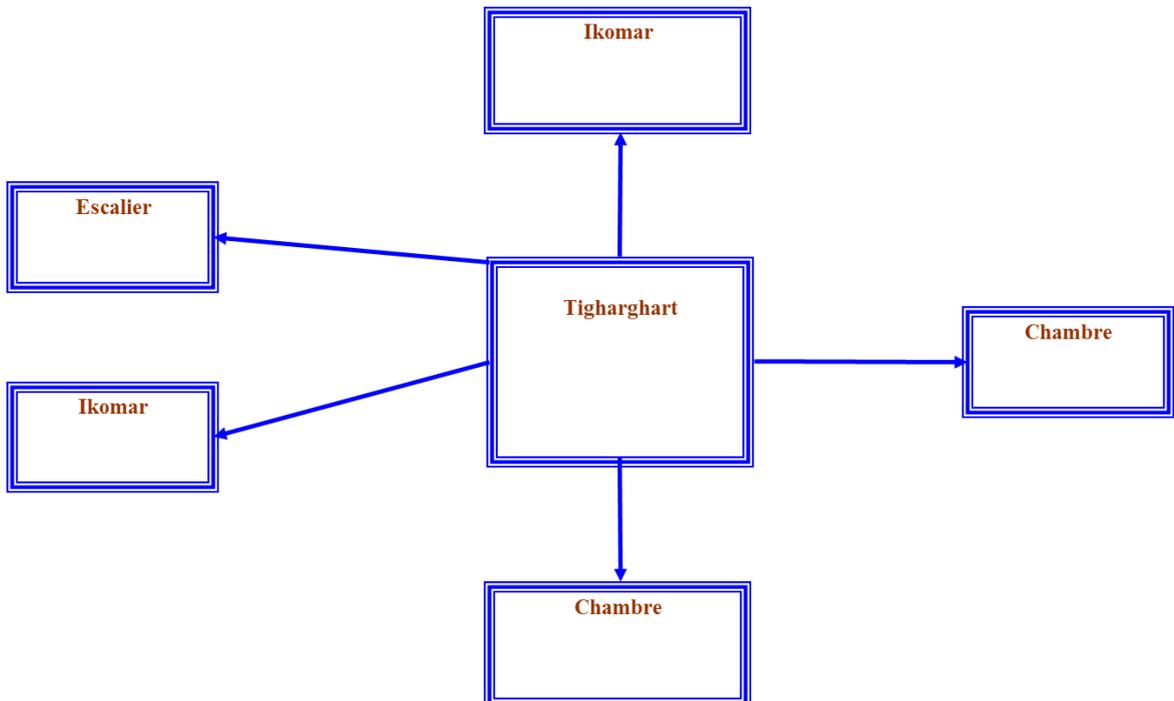
La superficie d'une maison mozabite ne dépasse pas 100 m². Elle est composée de deux étages au plus et d'une terrasse. Le seuil de la porte (el-atba) est toujours surélevé à hauteur de 10 cm pour empêcher la terre de pénétrer à l'intérieur et l'air froid de s'échapper durant l'été.

V.5.4 .1. Détail des plans et coupes :

- Organisme du RDC :



- ✓ Organisme de l'étage :



V.5.4.2. Dispositions spatiales:

L'habitat traditionnel du M'Zab s'organise de la manière suivante :

- **Le patio** : appelé, West et-dar, littéralement centre de la maison, il distribue l'ensemble du logis. A l'origine il était à ciel ouvert mais il est plus refermé chez les mozabites et il peut être recouvert par une natte végétale en cas de grande chaleur. il s'agit d'un geste vernaculaire en cohérence avec les conditions climatiques du site. On y débouche par la Skiffa, chicane qui garantit l'intimité par rapport à l'extérieur de la maison, tout en gardant la porte ouverte pour créer un courant d'air.



Figure 25 : Image d'un patio d'une maison du M'Zab. [23]

- **L'escalier** : L'escalier du M'Zab est presque systématiquement d'une seule volée car les étages y sont moins élevés, pris entre deux murailles, la dernière volée celle qui mène à la terrasse est protégée par une ouverture qui suit la rampe de marché.

L'espace de l'escalier du M'Zab sépare des autres volumes.

La qualité d'escalier pendant le parcours entre deux parois de sorte que l'œil ne suffire pas du passage critique où le regard va de dessous de plafond inférieur aux dessus du plancher supérieur.



Figure26 : les escaliers « Tissounène » [24]

- **L'ikomar** : qui couronne l'habitation, se compose d'une terrasse et d'une ou deux pièces fermées. Sur la terrasse, les murs sont hauts, environ 1,50 mètre pour garantir l'intimité.

Le dimensionnement des cellules répond au strict nécessaire ce qui renvoie à une notion d'urgence : « Pour moi, le grand émerveillement au M'Zab, c'est le dimensionnement de la cellule, qui est une chose exacte : elle n'a pas besoin d'être augmentée, elle ne peut pas être augmentée, elle ne peut pas non plus être réduite. Elle correspond au strict nécessaire. [...] Je pense que cet habitat est le résultat d'une notion d'urgence. Mais tellement bien pensée, qu'ils ont pu la vivre dix siècles » Souvent la hauteur sous-plafond ne dépasse pas 2.20 m. Ceci est non seulement justifié par les contraintes des matériaux de construction, mais aussi par la conviction de ne construire que ce qui est utile à l'occupant. La hauteur des ouvertures des portes ne dépasse généralement pas 1.70 m avec un seuil mesurant 10 cm d'épaisseur. L'ouvrant, en bois de palmier, mesure finalement 1.60 m [13].



Figure27 : Image d'un Ikomar d'une maison du M'Zab. [24]

- **Les fenêtres** : Comme pour les portes, les fenêtres des constructions sont toutes en bois. Elles sont constituées d'un linteau et de jambages qui forment le cadre de la fenêtre. Les ouvertures qui les reçoivent sont de simples interruptions dans le mur. Elles sont d'une dimension réduite vue au climat aride et chaud ainsi pour des raisons d'intimité.
- **La porte** : La porte c'est la seule ouverture qui comporte une menuiserie celle d'entrée est haute et large pour l'aisance de passage fréquents y compris ceux de matériel plus au moins encombrant celles des pièces et des sorties d'escaliers sont petits et de hauteurs réduites la moyenne se situe à 1.30m pour deux raisons d'un part les menuiseries en bois de palmiers et en branchés d'arbres fruitiers rares et d'un assemblage difficile d'autre part l'étroitesse des espaces [13].

Toutes les portes intérieures et même l'acchès de la maison ont un seuil sur élevé.



Figure28 : une porte de la maison mozabite [27]

- **Les ouvertures** : L'espace central est couvert par un chebek, petite ouverture carrée dans le plafond n'excédant pas 1 m², permettant de contrôler l'entrée de l'air et de la lumière. Pratique du nomadisme dans l'occupation de la maison : deuxième cuisine et deuxième installation de douche à l'étage supérieur, ensoleillé, organisé avec un espace sous arcades et une terrasse. Les nuits d'été se passent sur les terrasses collectives ou individuelles au-dessus de chaque chambre [13].

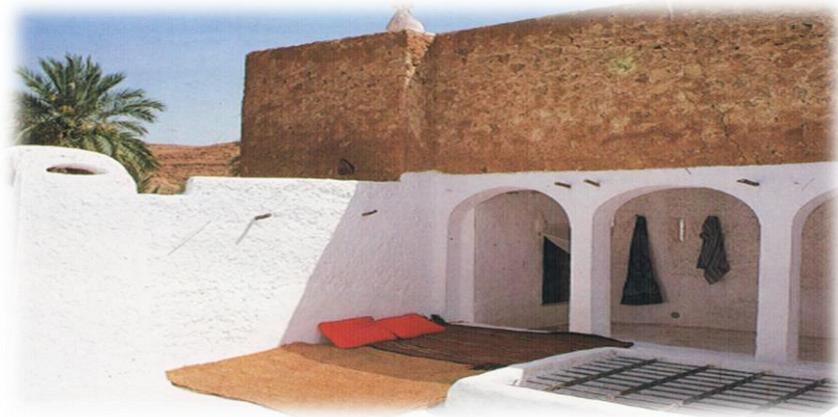


Figure29 : Chebek non couvert au niveau de l'ikomar d'une maison traditionnelle [25]

- **La façade** : Les façades des habitations sont aveugles et ne disposent d'aucune ouverture, sauf la porte d'entrée ou quelques fenêtres à l'étage. Aussi, il est à signaler l'absence de tous types de décoration et d'ornementation sur les murs [13].



Figure 30 : façade d'une maison mozabite, [26]

- **Les Rangements** : L'aménagement des niches et des cavités au cours de la construction mures soit qu'il les place des points précis en des endroits isolés volontairement situés soit qu'il les groupés en panneaux organisé en alvéoles [13].



Figure 31 : Espaces de stockage [10]

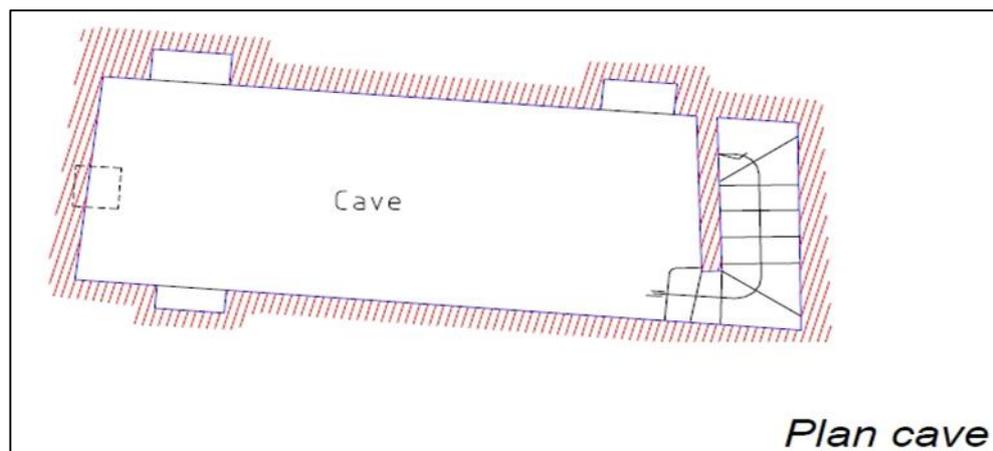
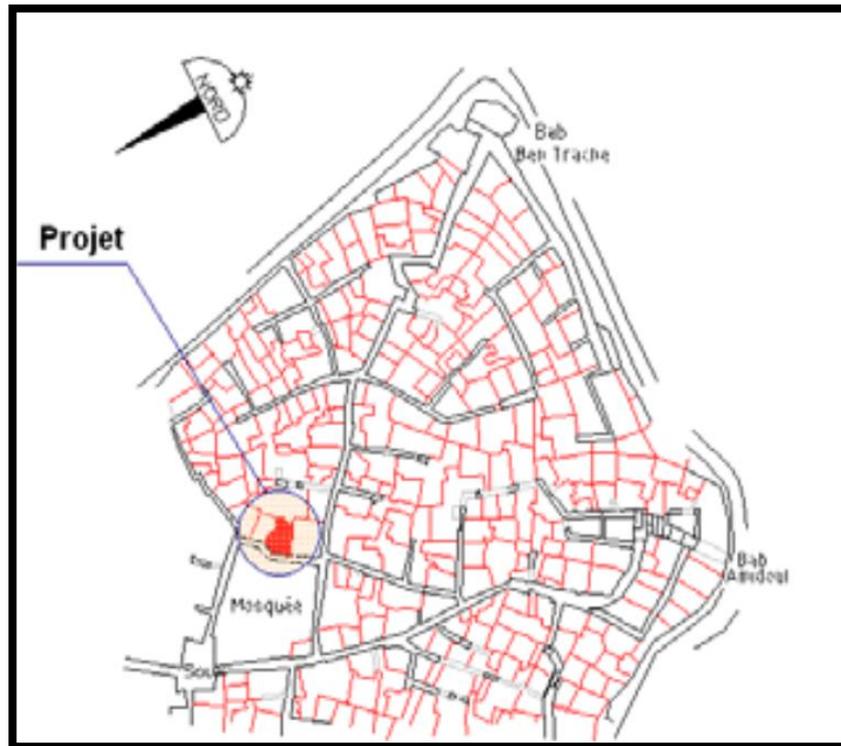
- **Systèmes d'approvisionnement en eau potable** : L'eau provient d'un système très élaboré de barrage et de canalisation dans l'oued permettant de la distribuer. L'eau provenait à l'origine de puits collectifs d'où elle était tirée par un système mû par un animal.
- ✓ Systèmes d'évacuation des eaux usées :

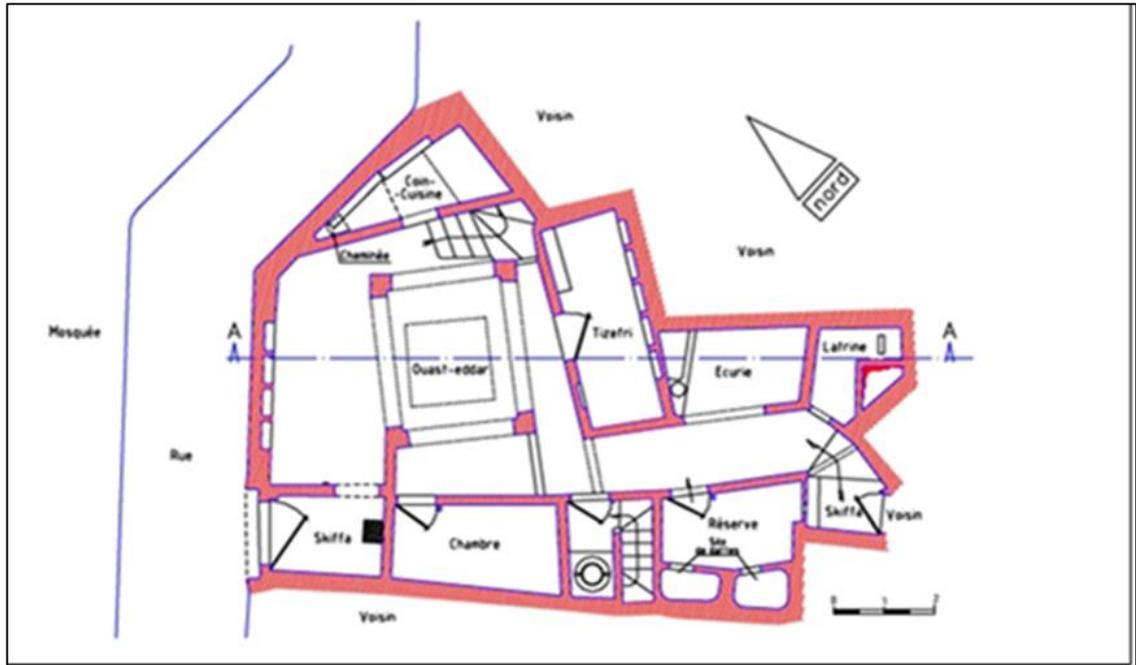
Les maisons installaient le sanitaire à l'étage près du mur de façade et dans la hauteur d'étage. Une cavité circulaire de 40 à 50 cm de profondeur était réalisée dans le sol du west dar (centre de la maison) pour récupérer l'eau utilisée en faible quantité [13].

V.5.5. LES DEFERENTS TYPES DE MAISON DE LA VALLEE DE M'ZAB :

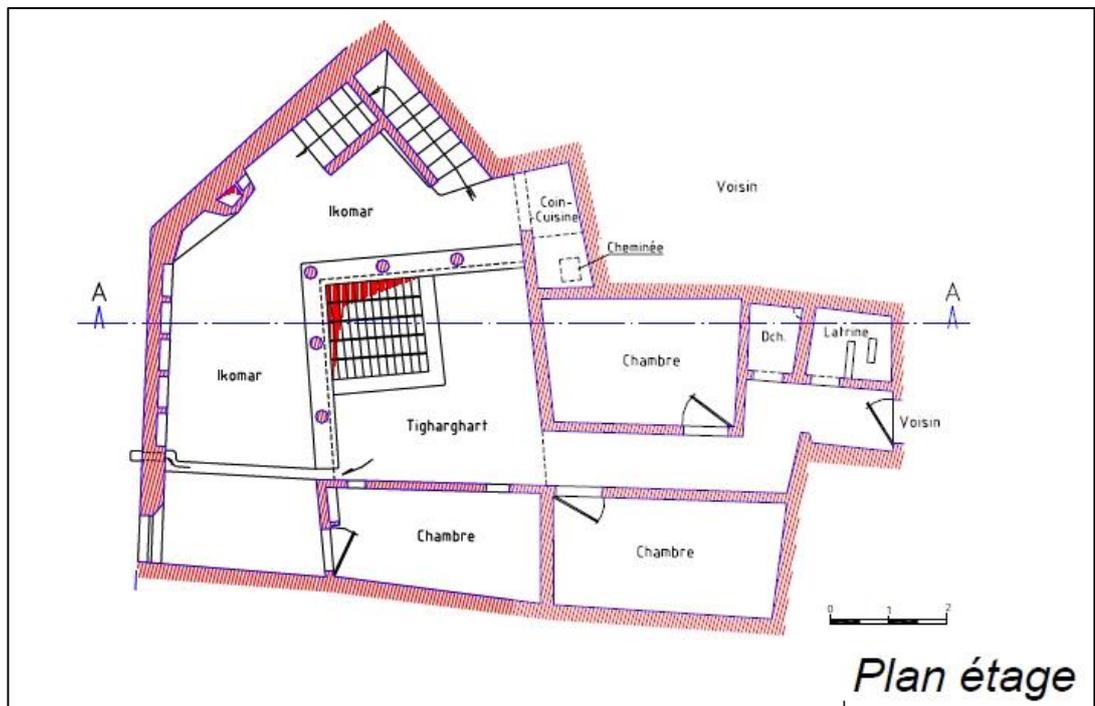
V.5.5.1. Maison urbaine : Occupation groupée autour de la mosquée située au point le plus élevé, présence d'un marché à proximité de la limite de la cité.

- Les plans de la maison urbaine :



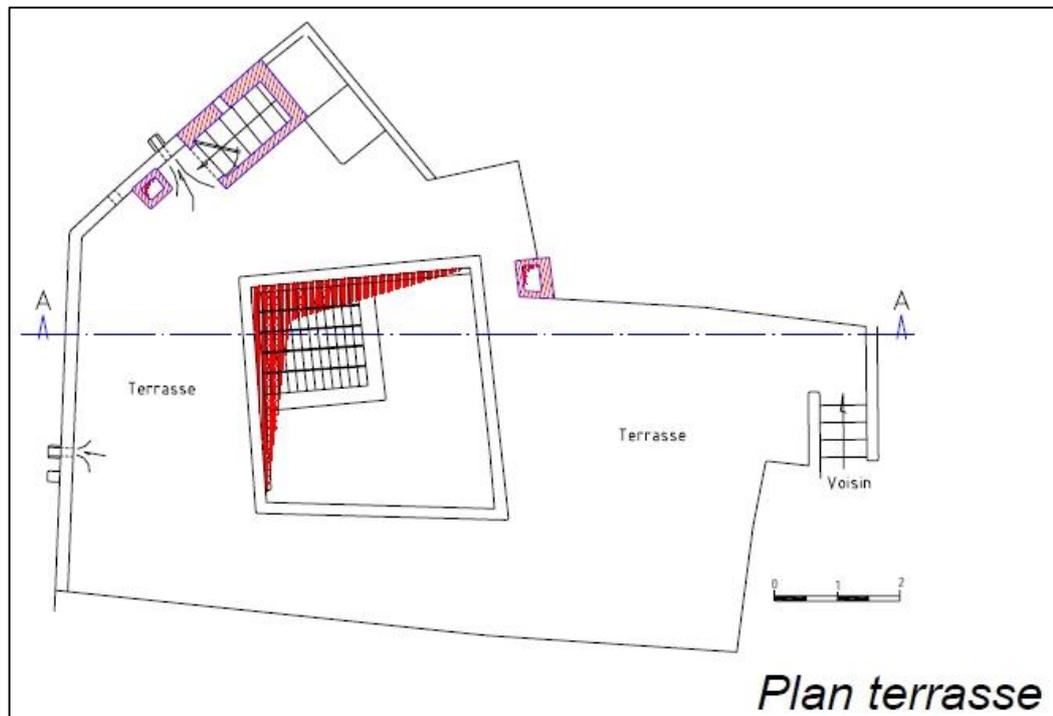


PLAN RDC



Plan étage

PLAN ETAGE

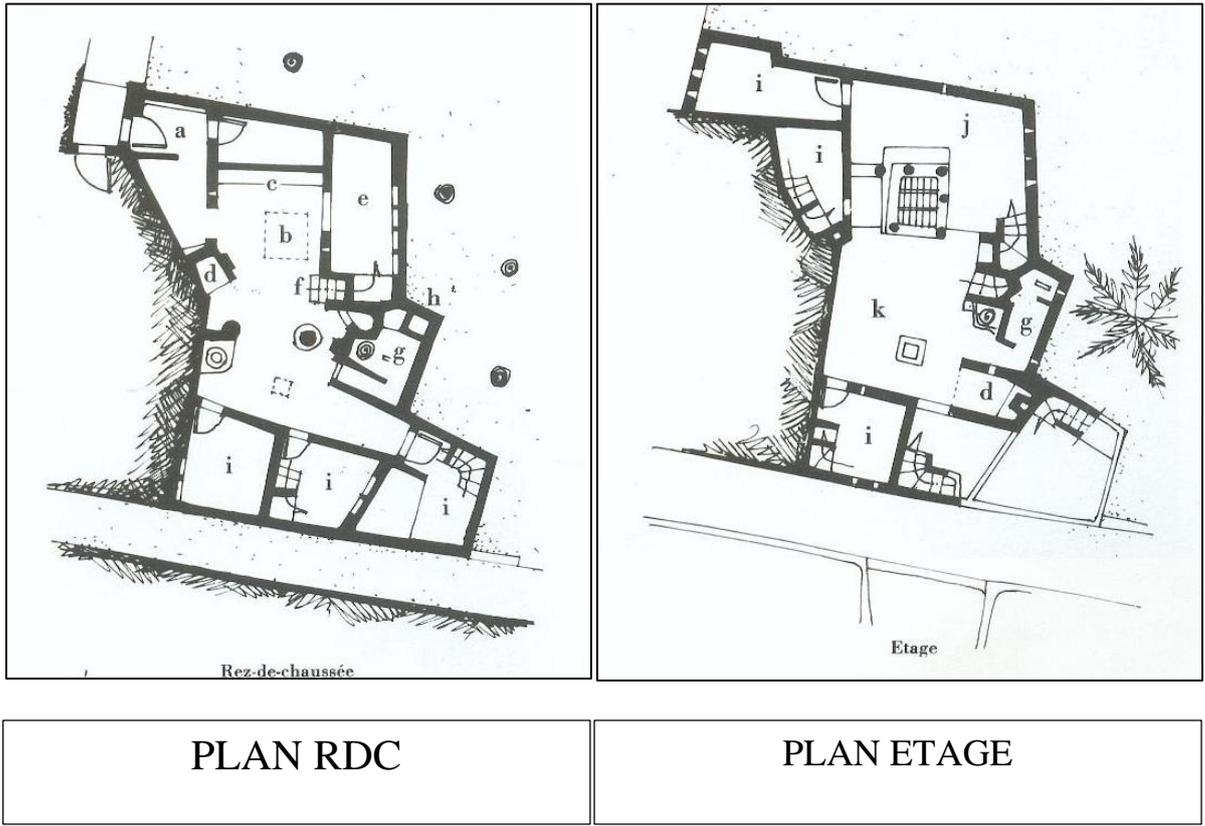


PLAN TERRASSE

V.5.5.2. Maison de la palmeraie :

Maison située dans la palmeraie des cités de la vallée du M'Zab. Chacune possédait une palmeraie pour l'activité agricole des habitants. Sur une surface permettant de vivre du revenu, les plus riches, grâce à une activité marchande, pouvaient bâtir une maison d'été au milieu du jardin. [27]





V.5.6. La structure de la maison mozabite:

Le système constructif des maisons mozabites se caractérise par une grande simplicité : des murs porteurs parfois suppléés par des éléments verticaux porteurs des types poteau en brique de terre, sur lesquels sont posés des troncs de palmiers et de branche de palmiers recouverts d'une couche d'argile. Les fondations sont du type filant en rigole, avec parfois un soubassement en pierre qui permet de protéger les murs de la remonté capillaire et des eaux de pluies [13].

V.5.6.1. Les fondations (sissan en berbère) : Les fondations n'existent pas en tant que telles. Le sol naturel des ksour est en grande partie constitué par la roche affleurant, dans ce cas le mur de moellon commence directement. Sur sol sablonneux, (palmeraie) on creuse une rigole qui permet d'asseoir le mur sur le sable compact. Le bon sol est toujours proche de la surface. [13].

V.5.6.2. Les murs porteurs (imouran en berbère) : Les murs sont les témoins les plus durables de l'architecture vernaculaire mozabite. Après la destruction des planchers et des toitures, les quatre murs restent debout, leur rôle est purement structurel car ils conduisent les charges et les surcharges des toitures au bon sol. Selon les matériaux on distingue deux types de murs : les murs en pierre sèche et les murs en pierre hourdée de mortier de terre. [13].

V.5.6.3. Les toits : Ils sont constitués de deux couches, la première présente la disposition des troncs de palmiers ils jouent le rôle des poutrelles. Le second est une couche épaisse en boue qui couvre les palmes et assure l'étanchéité de la pluie de précipitation. [13].

V.5.6.4. La colonne : Il est un support vertical dont le plan est un cercle (colonne cylindrique) ou carrée .il est construit en compactant la pierre avec la boue comme mortier.

V.5.6.5. L'arc : Il est un élément de structure et à la fois décoratif, on le trouve souvent à West dar. [13]

Parti 2 :

V.5.7. Les matériaux de construction et les tests ces matériaux :

L'utilisation optimale des ressources naturelles est l'un des principes fondamentaux de la construction, et spécifiquement les ressources abondantes sur le site de la construction. C'est pour cette raison que les constructions du KSAR sont réalisées en pierres et en chaux, alors que la majorité des constructions dans la palmeraie, spécialement celle de Ghardaïa, sont en adobe.

Généralement, la partie inférieure et les constructions traditionnelles en argile sont en pierres et en chaux, à cause de la sensibilité de l'argile au phénomène de la montée de l'humidité, ainsi que la localisation de quelques constructions dans des zones inondées par les crues. Quant aux toits, ils sont identiques à ceux des habitations des K'sour.

V.5.7.1. Construction en terre :

Les références historiques indiquent que l'argile était la première matière utilisée dans le domaine de la construction avec d'autres matières accessoires comme la pierre, le bois, Le roseau et les feuilles de palmier. [28]

V.5.7.1.1.Qu'est-ce que l'argile?

L'argile est une matière disponible partout sur le globe terrestre. Elle est composée d'un agrégat naturel de particules minérales multidimensionnelles, et contient naturellement de l'eau et de l'air. Ajouter ou réduire l'un ou ces deux composants dans l'argile nous donne un matériau de construction que l'homme a su maîtriser et avec lequel il a construit ses bâtiments. [28]

V.5.7.1.2.Ses types:

De par ses composants, il est possible de classifier les terres en plusieurs types :

A. Terre organique :

Qui se compose essentiellement de matières organiques provenant de la décomposition des organismes vivants, surtout les végétaux.

B. Terre agricole :

C'est celle qui généralement couvre la couche superficielle de la terre, et comme il ressort de son nom, c'est la terre sur laquelle se pratique l'agriculture et où se trouvent les végétaux en général.

C. Terre graveleuse :

La terre dans laquelle le gravât domine les autres composants.

D. Terre silteuse :

La terre dans laquelle le silt domine les autres composants.

E. Terre argileuse :

La terre dans laquelle l'argile ou le limon dominent les autres composants.

V.5.7.1.3. Les composants de la terre:



Figure 33 : Les composants de la terre [28]

V.5.7.1.4. Les différentes techniques utilisées dans la construction en terre:

La construction en terre diffère quant aux techniques utilisées d'une région à une autre.

La figure ci-dessous résume une série de modes connus de techniques de construction, qui sont classés en trois groupes principaux.

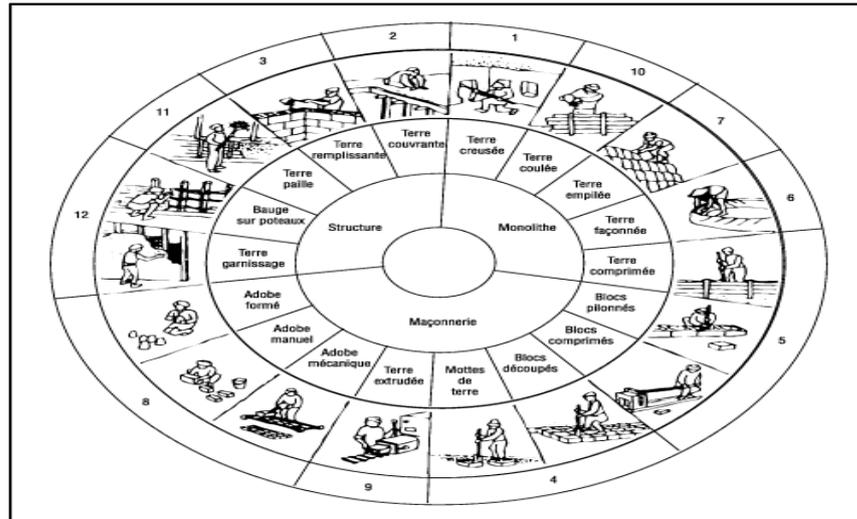


Figure 34 : les techniques de construction [28]

V.5.7.1.5. Corrélation entre la technique de construction et le taux en eau:

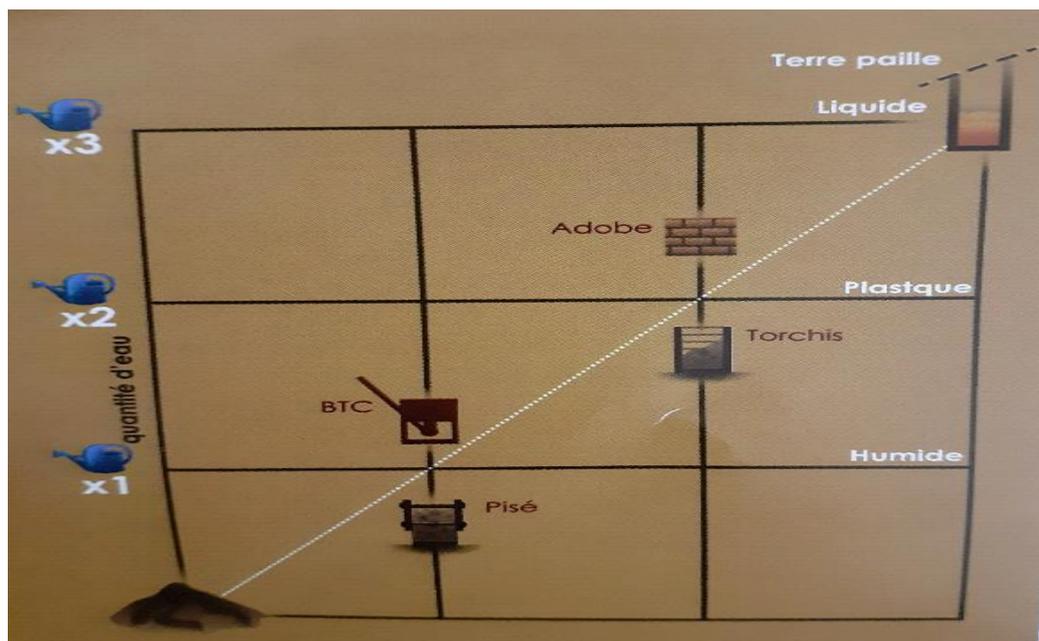


Figure 35: Corrélation entre la technique de construction et le taux en eau [28]

V.5.7.1.6. Les caractéristiques essentielles de la terre:

Les caractéristiques de la terre diffèrent d'un endroit à un autre en fonction de ses composants et notamment la qualité de l'argile qu'elle contient. On peut mentionner :

- A. La Texture
- B. La Plasticité

C. La Cohésion

D. La Compressibilité

E. La Couleur

F. Cohésion :

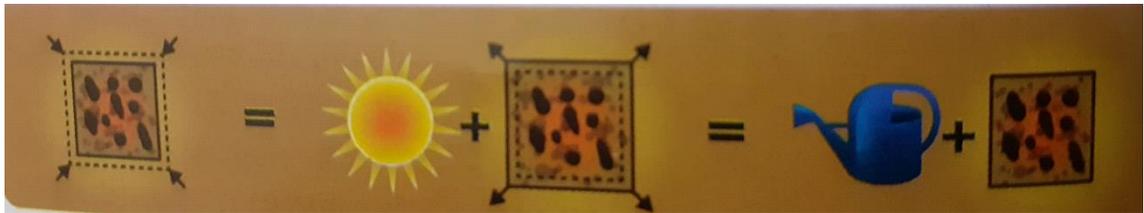


Figure 36 : la cohésion [28]

V.5.7.1.7. Les caractéristiques de l'argile en tant que matériau de construction:

- ❖ La disponibilité de cette matière dans la plupart des sites d'exécution, ce qui facilite l'opération de construction.
- ❖ La facilité des opérations de préparation et de construction avec cette matière en utilisant le minimum d'outils et d'équipements simples.
- ❖ La diversité des modes de construction en argile, qui permet à l'investisseur et au maître d'ouvrage une grande possibilité de choix pour le style de construction idéal dans la région en question, par l'étude de la qualité de la terre et de la main d'œuvre disponibles ainsi que les techniques de construction.
- ❖ La grande économie dans les opérations de transport : en effet, dans la plupart des cas, la terre est disponible dans la plupart des sites d'exécution.
- ❖ L'économie dans la consommation d'énergie, tant au cours des opérations d'édification des bâtiments en argile qu'au cours de l'utilisation desdits bâtiments aux différentes fins.
- ❖ Les autres caractéristiques architecturales comme l'isolation phonique ou la résistance aux incendies.
- ❖ La facilité du recyclage des éléments d'argile afin de les rendre à leur état d'origine, à savoir, la terre. il n'en résulte aucun gaz toxique, matière chimique ou résidus susceptibles de polluer l'environnement. [28]

V.5.7.1.8. Construction en adobes dans la vallée du M'Zab:

Dans le passé, les briques étaient préparées en mélangeant la terre, qui contient généralement une grande quantité d'argile, avec l'eau et en y ajoutant de la paille ou d'autres fibres végétales. L'ensemble est bien malaxé avec les pieds ou à l'aide de taureaux et vaches, ensuite l'argile est formée en utilisant un moule en bois sans fond. Les dimensions de ce moule et le nombre de vides qu'il contient varient d'une région à une autre. Le moule est posé à terre avant d'être rempli d'agrégat Argileux et tassé à la main pour s'assurer que tous les vides dans le moule soient remplis, et pour obtenir une masse homogène. [28]

V.5.7.1.9. Tests et essais pour choisir la terre appropriée:

Outre les tests et essais de laboratoire qui sont généralement longs et coûteux, on procède à des tests sur chantier qui permettent de connaître quelques caractéristiques de la terre afin de juger de sa conformité pour ce type de construction.

Pour les réalisations simples, un diagnostic de classification de la terre sur la base de ces tests, peut être suffisant. En cas de doute, il sera nécessaire de recourir aux tests en laboratoire.

La terre est jugée idéale si elle contient du sable, du silt et du limon aux taux suivants : sable (55% - 75%), silt (10% - 28%), limon (15% - 18%). La terre organique est à éviter. [28]

- **test du toucher :**

Ce test consiste à concasser un échantillon de terre après l'avoir débarrassé de tous les gravats tant à l'état sec qu'humide, les toucher et les remuer entre les doigts :

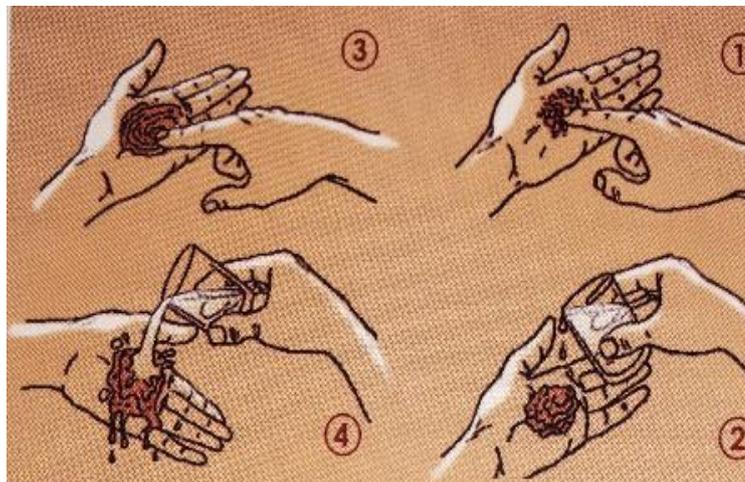


Figure 37 : test de toucher [28]

- La terre est sableuse : si elle est grossière et passe grossièrement entre les doigts.
- La terre est silteuse : si elle est fine, douce au toucher et colle aux doigts.
- La terre est argileuse : si elle est dure à concasser, longue à se dissoudre, très collante et très douce. [28]

- **Test de cohésion - test du cigare :**

- ✓ **La première méthode :** Préparer un échantillon d'une pâte de terre sélectionnée (état souple) et la laisser reposer au moins une heure (afin de permettre au limon d'interagir avec l'eau), ensuite on forme un cigare à partir de ladite pâte :

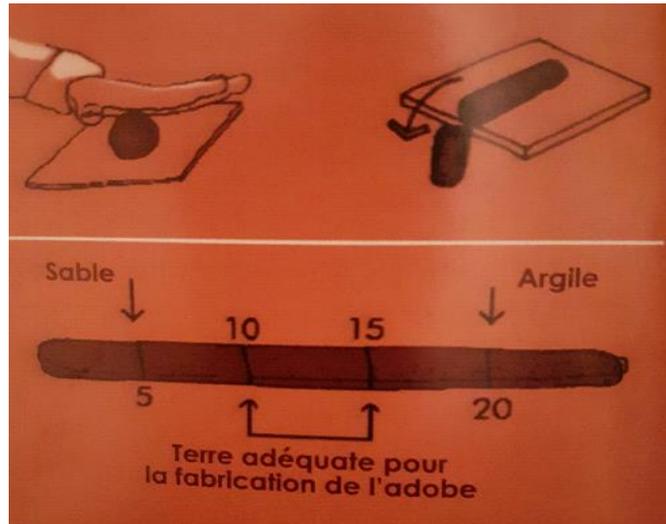


Figure 38 : test du cigare [28]

- La pâte ne doit pas tacher les mains.
- Sur une planche, on forme un cigare de 3 cm de diamètre et 20 cm de longueur au moins.
- Pousser ce cigare doucement et subtilement du bout du plancher vers le vide.
- Mesurer la partie qui se détache.
- Reprendre l'expérience trois fois et nous calculons la moyenne de mesure de la partie détachée.

Si la partie qui se détache est :

- De 10 à 15 cm, la qualité de la terre est appropriée pour la préparation des adobes.
- Moins de 5 cm, la terre est très sableuse. - De 15 cm et plus, le taux de limon dans cette terre est très important. [28]

- ✓ **La deuxième méthode** : Tortiller un échantillon de terre fine jusqu'à obtenir une forme de cigare, d'un diamètre de 12 millimètres.
 - L'échantillon ne doit pas coller aux doigts de la main, et il doit être possible de le tortiller continuellement jusqu'à obtention d'une corde en terre étendue d'un diamètre de 3 millimètres.
 - Poser la corde formée sur la paume de la main. La tenir ensuite entre l'index et le pouce et appuyer soigneusement et prudemment à partir de l'un de ses bouts pour essayer de former un ruban fin d'une largeur de 3 à 6 millimètres et pour obtenir la plus grande longueur possible.
 - Mesurer la longueur du ruban formé directement dès qu'il se détache de la corde d'origine, et procéder à la déduction des résultats. [28]

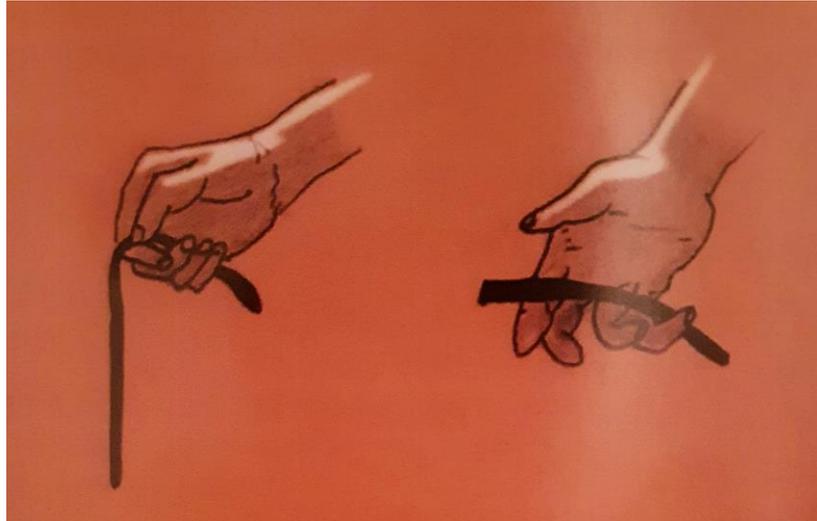


Figure 39: test de cohésion [28]

- **Les résultats (test de cohésion) deuxième méthode :**

- A- une longue corde de terre :**

De 25 cm à 30 cm, cela indique que l'échantillon testé contient une quantité considérable d'argile.

- B- une courte corde de terre :**

De 5 à 10 cm, se formant difficilement, cela indique que l'échantillon contient une petite quantité d'argile.

- C- la corde ne peut être formée :**

Cela indique que l'échantillon ne contient pas de terre argileuse, ou que le taux de la terre argileuse est très petit. [28]

V.5.7.1.10. Analyse de la terre par l'observation sensorielle et visuelle:

Les tests suivants ont été effectués sur des échantillons de terre fine, extraite par le criblage gradué d'une terre brute. Le diamètre des granulats ne doit pas dépasser 0,4 millimètres.

V.5.7.1.11. Test de résistance à sec :

- Préparer des petites rondelles à partir d'une terre molle.
- Les mettre à sécher en les exposant aux rayons de soleil ou en les mettant au four.
- Ecraser les rondelles de terre à la main entre l'index et le pouce avec force en essayant de les transformer en poudre.
- Déduire les résultats.



Figure 40: test de résistance à l'état sec [28]

✓ **Discussion des résultats :**

Test de résistance à l'état sec :

A- une grande résistance à l'état sec :

La rondelle qui représente l'échantillon est très dure et difficile à casser. Si elle casse, elle produit le son de craquement d'un biscuit. L'échantillon ne peut être écrasé entre l'index et le pouce mais il peut être concassé sans être transformé en poudre. Par conséquent, l'échantillon est une sorte d'argile presque pure.

B- moyenne résistance à l'état sec :

L'échantillon n'est pas très résistant aux cassures et nous pouvons le transformer en poudre en l'écrasant entre l'index et le pouce. Par conséquent, l'échantillon est une terre argileuse silteuse Ou argileuse sableuse.

C- faible résistance à sec :

L'échantillon se casse facilement et se transforme en poudre rapidement en l'écrasant entre l'index et le pouce. Par conséquent, l'échantillon est une terre silteuse Ou une terre sableuse, donc à faible taux d'argile.

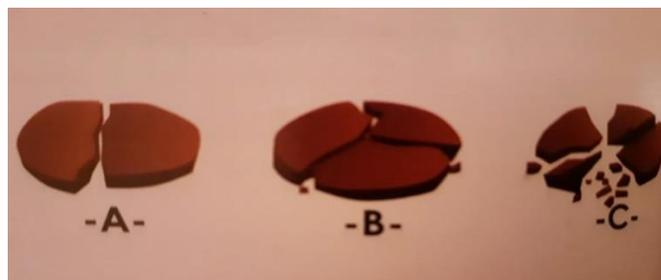


Figure 41 : faible résistance à sec [28]

V.5.7.1.12. Test de consistance :

- Préparer une bille à partir d'un agrégat de terre de granulats fins d'un diamètre de 2 à 3 centimètres.
- Mouiller la bille de manière à la rendre consistante sans qu'elle colle aux doigts.
- Tortiller la bille sur une surface plane, polie et propre jusqu'à obtenir une forme qui ressemble à une corde fine.
- S'il arrive que la corde se coupe avant que son diamètre n'atteigne 3 millimètres, c'est que l'échantillon de terre est considéré comme très sec. Par conséquent, il faut y ajouter un peu d'eau.
- Le bon résultat est que la corde ne se coupe que lorsqu'elle atteint les 3 millimètres en la tortillant.
- Former après la coupure de la corde, une petite bille à partir du même échantillon et essayer l'écraser entre l'index et le pouce. Déduire ensuite les résultats obtenus. [28]



Figure42 : test de consistance [28]

✓ Discussion des résultats :

Test de consistance :

A- cordon dur :

La bille formée à nouveau se brise difficilement, elle ne se fissure pas et ne se morcèle pas. Cela indique qu'il y a une quantité considérable d'argile.

B- cordon mi-dur :

La bille formée à partir de la terre se fissure et se morcèle. Cela indique qu'il y a une quantité faible de terre argileuse dans l'échantillon.

C- cordon fragile :

Nous ne pouvons pas former la bille sans qu'elle ne se brise ou ne se morcèle. Cela indique qu'il y a une grande quantité de terre sableuse et silteuse dans l'échantillon, alors que la terre argileuse est faiblement présente.

D- cordon mou et spongieux :

Les billes formées avec ce type de terre sont molles et spongieuses, c'est-à-dire souples, et non dures. Cela indique que l'échantillon est une terre organique. [28]

V.5.7.1.13. Préparation de la terre :

1. Le tri et criblage :

Cette étape se fait en l'enlèvement des gravats.

2. Mélange de la terre :

Mouiller la terre criblée entre 12 et 24 heures avant son utilisation ; pour préparer les adobes ; l'argile peut être à plusieurs degrés de flexibilité selon la teneur en Eau et selon le moule utilisé.



Figure 43 : préparation de terre avec l'eau [28]

1. La fixation :

La fixation de l'argile consiste à la traiter par une matière qui améliore sa force mécanique et sa consistance ; ou réduit son gonflement.

Dans la construction en argile ; la fixation se fait par des moyens traditionnels en fonction de la région ; et ce par l'ajout de fibres végétales ou animales. [28]

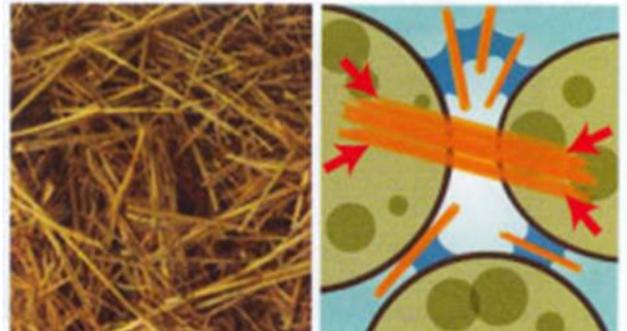


Figure 44 : la fixation de l'argile par l'ajout de fibre végétale ou animale [28]

2. Le coulage :

Pour que la pâte ne colle pas, et pour faciliter son extraction, il faut mouiller le moule avec de l'eau ou de l'huile avant de faire couler les adobes.

Remplir le moule avec la pâte, compresser avec la main pour évacuer l'air du mélange et intensifier l'adobe, et concentrer plus sur les angles, qui sont les parties les plus vulnérables dans l'adobe. Après le remplissage du moule, niveler la surface à l'aide d'une planche. [28]



Figure 45 : le coulage de terre dans le moule [28]

3. Le séchage :

Juste après l'extraction de la brique, il faut laisser sécher l'adobe durant deux ou trois jours au minimum avant de le déplacer. Cette période pourrait être prolongée jusqu'à plusieurs semaines selon le climat. Il faut renverser l'adobe pour laisser sécher l'autre face. [28]

V.5.7.1.14. Les facteurs affectants la fabrication des briques en terre cuite :

Pour obtenir un matériau de bonne qualité et prêt à l'utilisation, suivant les caractéristiques de la terre d'une manière générale, et particulièrement celles de l'argile, la fabrication et la production des adobes nécessitent le concours de circonstances spécifiques et adéquates qui les protègent des eaux pluviales, du froid extrême ainsi que des températures très élevées. [28]

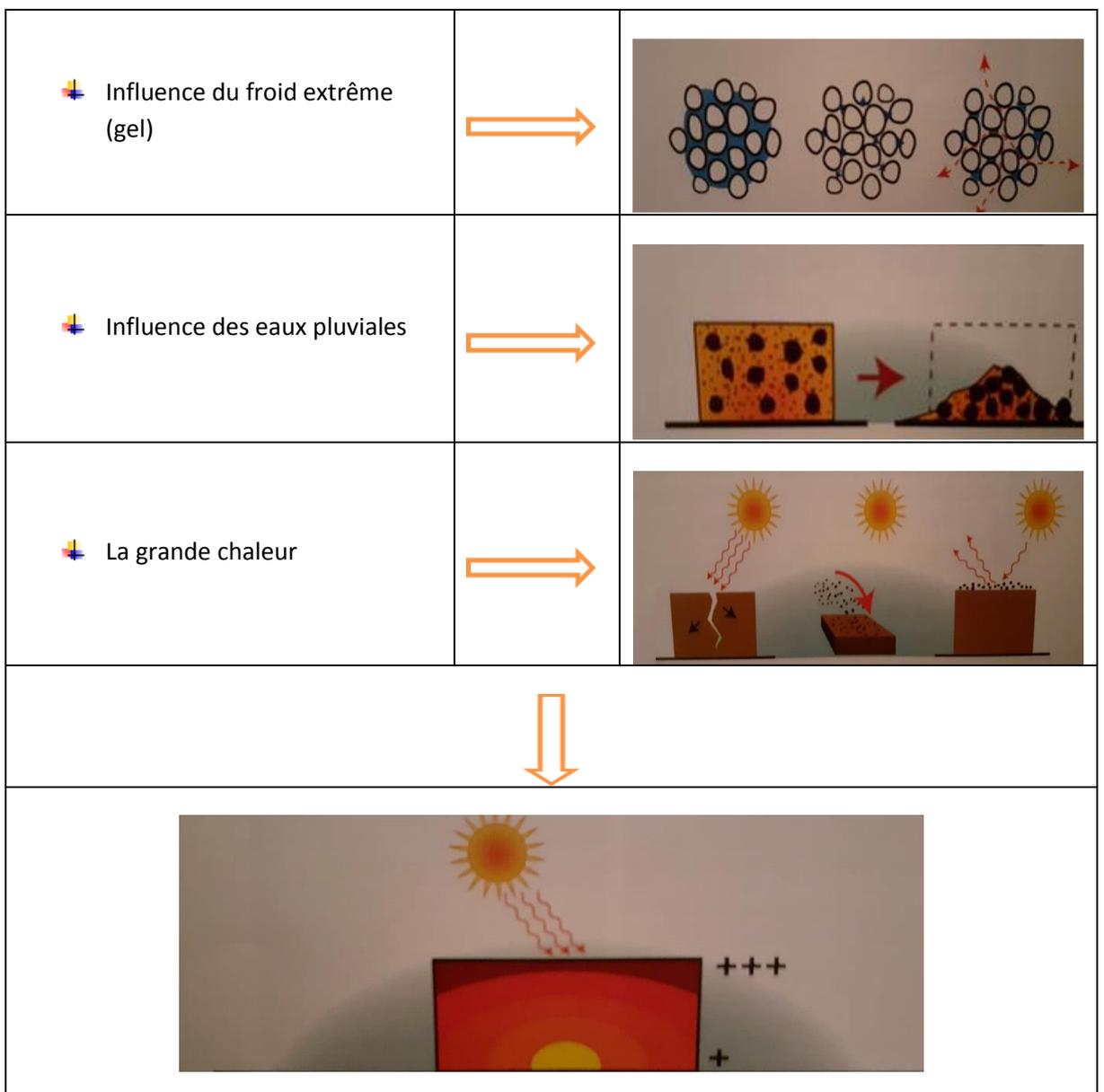


Figure46 : L'écart de température entre la couche d'adobe et le centre [28]

V.5.7.2. Construction en pierre :

Les pierres utilisées dans la construction sont collectées dans la même zone, c'est-à-dire les montagnes et les fonds des ruisseaux, et elles sont largement disponibles et se présentent sous différentes formes et tailles, et sont utilisées à différentes fins de construction. Les pierres sont reliées les unes aux autres par un lien, et parmi les liens qui étaient en usage à cette époque, on trouve de la chaux et du gypse (Timchmt), tous deux extraits du traitement des roches, ainsi que la terre qui a été prise des lits de la vallée. [29]



Figure47 : construction en pierre [11]

V.5.7.2.1. La chaux :

L'utilisation de la chaux dans la construction est connue depuis l'antiquité .elle était utilisée comme liant d'un mortier pour bâtir et servait à la fabrication d'enduits, au traitement des sols ainsi qu'à la réalisation de peintures décoratives.

V.5.7.2.1.1. La mise en œuvre de fabrication de chaux :

La première étape de fabrication de chaux c'est la calcination c'est-à-dire chauffage à haute température de la pierre calcaire dans des fours à chaux de hauteur 5m et un diamètre de 3m, les parois intérieures étaient recouvertes d'argile, de pierre ou brique pour conserver et à isoler thermiquement le four, et remplit le four par des pierres calcaire et le ferme par une couche de pierre qui s'élève de 20 à 30 cm.

Le chauxonnier met le feu en marche à l'aide d'un bruleur, la cuisson se poursuit pendant 3 jours sans interruption. et en termine la cuisson en prendre une pierre calcinée sur la tasse la prolonge dans l'eau ,si elle se transforme rapidement en pâte ,cela indique que la calcination est terminée .Selon les textes classique la bonne chaux est légère et sonore : lorsque on frappe avec un morceau de fer ,elle émet un son qui rappelle celui d'une cramique bien cuite soumise à la même épreuve.

1. Préparation de four :



Figure 48 : présente l'intérieur du four est recouvert d'argile [29]

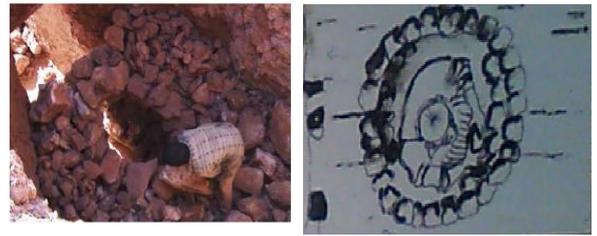


Figure 49 : présente la pose des premières pierres à l'intérieure du four [29]

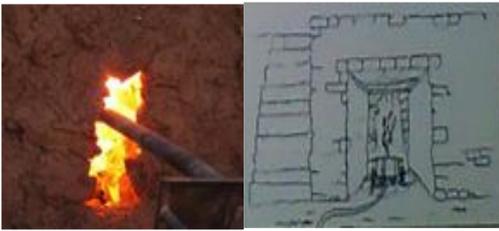


Figure 50 : présente le four après allumage du bruleur [29]



Figure 51 : présente chargement du four par l'extérieur [29]



Figure 52 : cycle de la chaux [30]

2. Le défournage :

Le défournage se fait en ouvrant l'orifice inférieur du four, puis on fait sortir les blocs de pierre de chaux et on les met des sacs étanches, enfin il est recommandé de stoker les sacs dans des locaux fermés et secs.

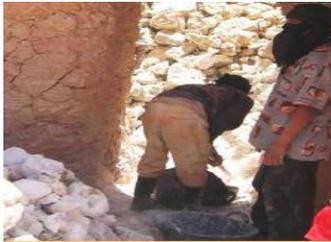


Figure 53 : présente la sortie du four des morceaux de pierre de chaux vive [29]



Figure 54 : présente sacs de chaux vive en morceaux [29]



Figure 55 : présente sacs de chaux vive poudre [29]

3. La préparation de mortier de chaux :

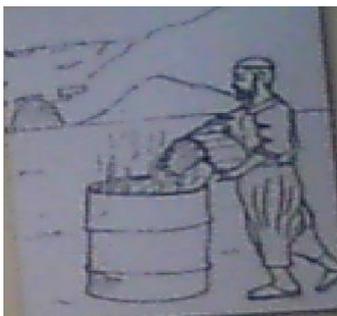


Figure 56 : présente la chaux vive est mise dans un bidon rempli d'eau [29]



Figure 57 : présente le pétrissage [29]



Figure 58 : on laisse la pâte se reposer une semaine [29]

V.5.7.2.2. Le plâtre (temchemt) :

Le plâtre est une matière naturelle solide connue sous la formule chimique $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Il compte parmi les matières brutes largement disponibles dans le sol, il appartient aux roches sédimentaires et se mélange avec le sulfate de calcium (anhydrite CaSO_4), et peut se trouver avec la dolomite, l'argile et la pierre de chaux, il est de couleur grise ou blanche virant vers la rougeur parfois. Il convient de signaler que le plâtre sous forme (CaSO_4) est disponible en très petites quantités dans la nature alors que la matière sous forme de ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) est y par contre disponible en grandes quantités.

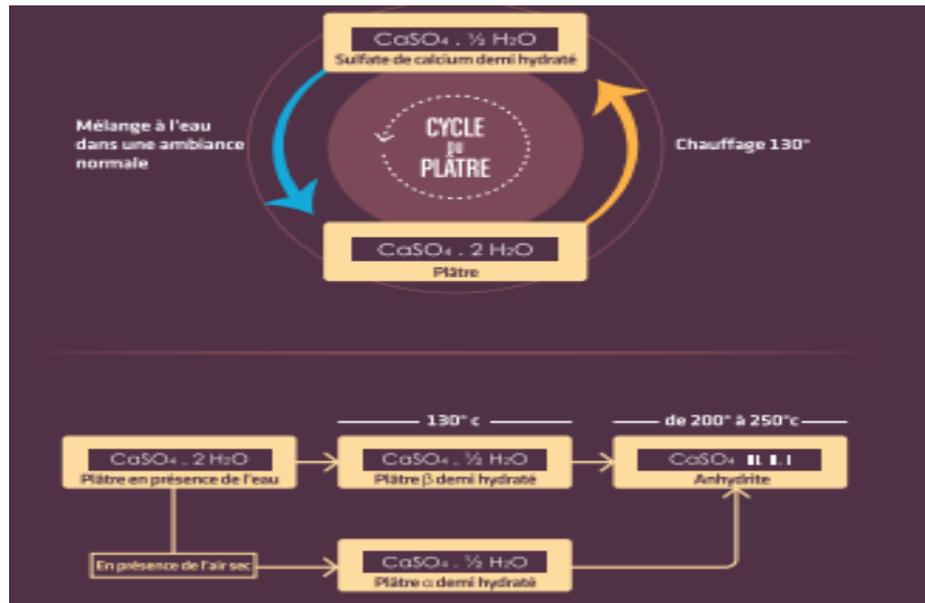


Figure 59 : Cycle du plâtre [32]

V.5.7.2.3. Technique de construction en pierre :

G. Mur de pierre à un seul ranger : cette technique est adoptée généralement pour les murs de séparation ou les murs de clôture. Les pierres sont soigneusement choisies en faisant orienter la face plate vers la façade principale, l'incohérence de l'autre façade est traitée à l'aide du mortier de crépissage. Aux points de contacts et de rencontre des murs, on procède à l'emboitage des pierres pour réaliser la liaison donc le renforcement de la solidité et la réalisation de l'équilibre. [29]



Figure 60 : mur à un seul ranger [11]

H. Mur de pierre à deux rangées :

Cette technique de construction est adoptée en grande partie dans la construction des mosquées, des maisons des tours...etc. la partie plate de la pierre se pose vers la façade apparente (découverte) du mur, la partie non homogène

Par contre est orientée vers l'intérieur. Les pierres sont attachées les unes aux autres à l'aide du mortier de chaux, les creux vides sont souvent comblés par des cailloux. [29]



Figure 61 : mur en pierre à double rangée [11]

I. Emboitage des pierres :

L'emboitage des pierres les unes aux autres se fait au niveau de l'angle du mur pour donner lieu à un entremêlement des deux parties du mur et former ainsi de la structure, un seul corps soudée.



Chaîne d'angle en besace : les éléments en panerasse sur un pan sont en boutisse dans l'autre.

Figure 62 : point de convergence de deux murs ou intervient l'emboitement entre les pierres [31]

J. Les piliers en pierre :

Les piliers constituent un élément essentiel dans la structure de la construction à la vallée, nous les trouvons au centre de la structure de l'habitation, elles forment ensemble des têtes de formes carrées où se rencontrent les solives principales en bois qui supportent les plafonds, les poids se répartissent donc de façon équilibrée vers les fondations, sur le même principe ont été érigés les piliers supportant les arcades et les voûtes dans les mosquées. Ils sont de coupe rectangulaire ou circulaire, la moyenne de ses dimensions est 50 cm environ. Ils sont construits à l'aide de pierres taillées en plus du mortier de chaux ou du plâtre. [29]



Figure 63 : pilier de pierre forme carrée [28].

K. Plafond traditionnel :

Les pierres sont utilisées également dans la construction des plafonds et des voûtes, elle prend une forme plate étendue, et se pose de manière alignée et proche, fixées par le liant qui est en plâtre pour la plupart des fois, et parfois en mortier de chaux.

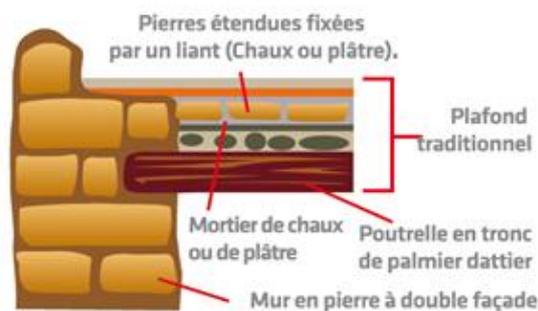


Figure 64 : plafond traditionnel [28].

L. Les fondations :

La fouille pour fondation se fait sous forme d'un long tranchet longitudinal, le sable mou est extrait et enlevé jusqu'à l'apparition du bon sol. La pose des fondations soit pour les murs à doubles façades ou à façade unique ou pour les piliers se fait par l'intermédiaire des pierres relativement grandes de taille, qui sont enfouies dans le mortier de chaux rugueux avec agitation.

Les pierres sont posées avec précaution et de manière intersectée pour former un bloc homogène sur lequel se répartissent les poids de façon régulière. [28]

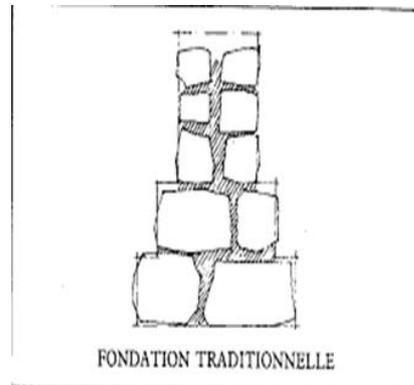


Figure 65 : fondation traditionnelle [33].

V.5.8. Les causes de la détérioration des constructions en argile :

Les facteurs naturels : les précipitations, vent, tremblement de terre et facteurs humains.

1-L'eau :

Un des inconvénients majeurs de l'utilisation de l'argile dans la construction est sa faible résistance à l'influence des eaux (eaux de pluie ou de crues, eaux qui jaillissent des sols et des fondations par le phénomène de capillarité, fuites des sanitaires construits d'une manière non adéquate). Ainsi, l'infiltration des eaux dans les constructions en argile est considérée comme l'une des principales causes de leur délabrement, voire l'accélération de leur effondrement, spécialement pour les toits qui absorbent les eaux, ce qui augmente leurs poids et contribue considérablement à la surcharge exercée sur les éléments de support de la construction, et mène à son effondrement. L'influence des eaux sur les constructions pourrait être classée comme suit :

- **La remontée capillaire :**

Elle est caractérisée par la montée des eaux sous-terraines chargées de sels, par le phénomène de capillarité. Elle commence par s'infiltrer dans les fondations et finit par atteindre la partie construite en argile située juste au-dessus. Lorsque ces eaux s'évaporent, les sels se sédimentent sur la surface de la matière, et contribuent au fil du temps à sa dégradation et son affaiblissement. [29]



Figure 66 : remontée capillaire au niveau du mur [28]

- **Les ornières :**

Elles se forment généralement sous le mur en argile et sont considérées comme la première conséquence de la remontée capillaire au niveau des murs en argile. Elles se manifestent directement sur les premiers adobes posés, juste au-dessus du sol ou sur les fondations bâties de matières autres que l'argile, si ce phénomène n'est pas traité à temps, il finira par causer des creux qui transperceront le mur de part en part, et constitueront par conséquent un énorme danger sur la totalité de la construction voire provoquer son effondrement. [29]

- **Les effritements causés par les eaux pluviales :**

Un des défauts majeurs de la construction en argile par rapport à l'eau est la facilité par laquelle elle peut être sculptée par les eaux pluviales. Toutes ses parties exposées -sans protection- directement ou indirectement aux précipitations sont susceptibles d'être sculptées et de s'effriter. [28]

- **La construction non adéquate des sanitaires et de leurs canalisations :**

Lorsque les sanitaires et leurs canalisations ne sont pas conçues de manière adaptée à la nature du bâtiment en général et de la construction en argile en particulier, et lorsque l'évacuation des eaux de pluies est lente et inefficace, cela permet à l'eau de s'infiltrer dans les bâtiments en argile. Ce qui conduira à un changement dans le volume des murs. L'argile passera ainsi d'un état sec à un état humide, avec tous les changements dans les caractéristiques physiques qu'il induit, et surtout les toits qui absorbent ces eaux, leur poids augmente et contribue considérablement à la surcharge exercée sur les éléments de support de la construction, et mènera à son effondrement. [28]

- **Les eaux des crues :**

Il est rare que les crues soient à l'origine de l'effondrement des constructions en argile, surtout les constructions traditionnelles, grâce à la connaissance préalable de leurs bâtisseurs de la grande sensibilité de cette matière à l'eau. Ils évitent de bâtir ce genre de construction dans les régions exposées aux inondations, et prennent les mesures nécessaires pour limiter leurs impacts, construire par exemple la partie comme inférieure avec une autre matière qui résiste à l'eau.

En cas d'inondation diluvienne et en présence d'obstacles, les parcours des crues peuvent changer et les zones inondées s'élargir, ces constructions seront alors plus exposées au risque d'effondrement que les autres. Par contre, l'opération de leur reconstruction se fait avec les mêmes matériaux et ne nécessite pas l'achat d'autres composants ni l'évacuation des décombres. [28].



Figure 67 : effondrement de construction en argile à cause des eaux des crues [28]

2- Les autres matériaux utilisés avec l'argile :

Le défaut de la cohésion entre l'argile et les autres matériaux ainsi que la différence dans leurs caractéristiques fait de la construction en argile avec d'autres matériaux un procédé très sensible et le soumet à des règles obligatoires, pour que l'usage d'autres matériaux ne soit pas une cause de la détérioration des constructions. [28]

- **La structure porteuse :**

L'usage d'une structure porteuse ainsi que des toits en béton armé dans les constructions en argile est actuellement très en vogue à la vallée du M'zab et surtout dans l'oasis de Ghardaïa, Mais le contraste qui existe entre les caractéristiques des deux matières rend leur usage combiné pas très profitable à la construction en général et à l'argile en particulier , joindre ces deux matières doit donc se faire selon des critères qui limitent les inconvénients éventuels, et qui sauront tirer profit des avantages des deux matières. [28]



Figure 68 : l'incompatibilité des matériaux dans la structure porteuse [28]

- **Le mortier utilisé entre les adobes :**

Le mortier utilisé entre les adobes doit ressembler, quant aux caractéristiques, le plus possible à la matière même de l'adobe afin de garantir sa cohésion et sa consistance. Plus les matières sont différentes, plus il y a déséquilibre, et par conséquent, plus la détérioration du bâtiment est à l'avenant. Parmi les pratiques dans la Vallée du M'zab actuellement, l'utilisation du mortier de chaux entre les adobes. Vu la différence entre leurs paramètres physiques et chimiques, cette matière n'augmente pas toujours la solidité de la construction en argile, voire au contraire, accélère parfois sa détérioration. [28]



Figure 69 : hétérogénéité de mortier utilisé entre les adobes [28]

- **Le revêtement et la peinture :**

Le revêtement et la peinture sont des opérations efficaces dans la protection du bâtiment en général et la construction en argile en particulier. Néanmoins, l'utilisation de certains matériaux ne remplit pas le rôle attendu dans la protection et la dissimulation du matériau de construction, en construction traditionnelle notamment, dans laquelle le revêtement et la peinture doivent être de matières poreuses et non étanches, permettant l'aération des matériaux de construction utilisés. Parmi les matières les plus utilisées dans le revêtement actuellement, et particulièrement dans les parties de construction qui souffrent de l'humidité, nous trouvons le ciment. Cependant cette matière remplit le rôle contraire attendu d'elle, car elle se détache aussitôt de la surface, augmente également l'humidité qui monte des sols et des bases par capillarité et monte dans le mur engendrant des effets indésirables. [28]



Figure 70 : l'effet du ciment sur la construction traditionnelle [28]

➤ **Autres causes :**

- **La surcharge :**



Figure 71 : l'effet surcharge sur la construction traditionnelle [28]

- **Les restaurations et interventions aléatoires :**

Les expansions verticales : la construction structurale intensive et les expansions verticales donnent des poids supplémentaires qui mènent à des chutes. Spécialement durant la saison des pluies, ce qui donne parfois lieu à des fissurations et des effondrements

Les travaux de réhabilitation : L'exécution des travaux de réhabilitation n'est Souvent pas précédée d'une étude technique. Vu la perte des connaissances dans le domaine de la construction traditionnelle, cette opération se traduit par un déséquilibre pour la structure, horizontalement ou verticalement, ou dans les deux ns à la De ce fait les conséquences sont considérables, menant à des fissures difficiles à réparer. [28]

- **Absence de l'entretien régulier :**

Si l'entretien ne se fait pas continuellement, les eaux des pluies rempliront les parties contenant les adobes et la structure, faisant en sorte que les uns se détachent des autres.

La tendance des surfaces de l'argile à se découvrir est considérable en raison des effets environnementaux tels que : les pluies, les vents de sable Ou l'érosion en raison de l'utilisation par les habitants ou usagers. Ce qui contribue à la fragilité de cette matière, et nécessite la réparation et l'entretien continuels. Cela est connu dans les bâtiments en argile, dans les pays à haute précipitation, car les propriétaires renouvellent les revêtements et peinture chaque année après chaque saison de pluie. [28]

V.5.9. Les recommandations relatives à la conservation de la construction en argile :

Afin de conserver la construction en argile il faut respecter certaines règles simples qui permettent de réunir les conditions appropriées pour garantir que la construction soit capable

de résister aux charges et d'éviter le déséquilibre. Pour rendre le bâtiment plus résistant aux différents facteurs naturels, notamment l'humidité et les eaux, les vents et les végétaux, ainsi que le facteur humain qui ne peut être ignoré, on fera attention aux points suivants :

- Maintenir le plancher de la construction dans un bon état. Opposer la construction sur des fondements solides.
- Eviter tout contact direct entre les murs d'argile et le sol. C'est-à-dire que les murs d'argile doivent s'appuyer sur une partie inférieure construite en pierres.
- Eviter tout changement dans le plan du bâtiment sans étude spécialisée. Eviter d'ouvrir de nouvelles fenêtres ou portes au niveau des murs.
- Garantir qu'il n'y ait pas de plantes à proximité du bâtiment.
- Ne pas utiliser de matériaux de construction qui ne conviennent pas à l'argile tels que le ciment.
- Evaluer les poids appliqués à la structure du bâtiment qui ne doivent pas être excessifs.
- Les dimensions du bâtiment, notamment les parties porteuses, doivent être bien étudiées.
- Le respect des règles relatives à la préparation des matériaux de construction, notamment le pourcentage des composants et le temps nécessaire à la préparation. Cela s'applique à l'enduit et les liants ainsi que les adobes.
- L'entretien régulier du bâtiment.
- Le mode de construction en adobes doit respecter le chevauchement entre les adobes afin d'assurer leur cohésion, et par conséquent, former une masse alignée sans points faibles qui peuvent causer l'apparition de débuts de fissures verticales. Ces fissures se traduiront forcément par le détachement de grandes parties du bâtiment.
- Construire la partie inférieure des murs avec des pierres et de l'enduit de chaux bien préparé. Ensuite, on y pose des lignes d'adobes de manière entrecroisée pour assurer une bonne cohésion entre elles. Cette manière est censée permettre que les adobes soient loin de tout contact avec l'humidité qui aurait une influence négative sur le bâtiment, si jamais les adobes étaient posés directement à même le sol. [28]

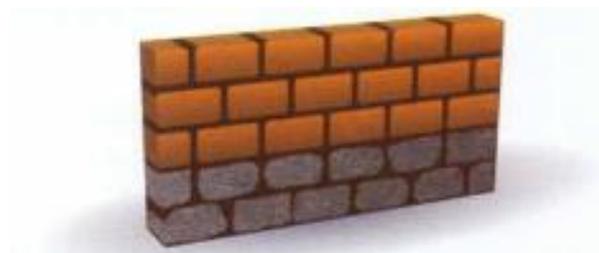


Figure 72 : Construire la partie inférieure des murs avec des pierres et de l'enduit de chaux [28]

- Appliquer aux murs d'argile une couche d'enduit argileux ou d'enduit de chaux bien préparé. Mettre aussi une couche de chaux de forme convexe sur le mur pour le préserver des eaux de

pluie. Quant au sol extérieur adjacent au mur, son inclinaison doit être vers l'extérieur loin du bâtiment de façon à ce que les eaux s'éloignent de sa base. [28]

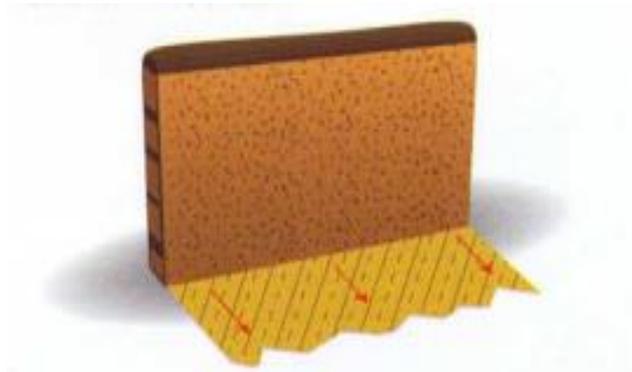


Figure 73 : revêtement mur en terre cuite avec une couche de mortier d'argile [28]

Conclusion :

A travers de ce chapitre, nous avons conclu que les habitats traditionnels ou anciens sont un riche réservoir d'idées architecturales qui fournissent des leçons précieuses en s'appuyant sur leur construction avec des matériaux locaux simples qui sont les plus sujets à la détérioration, donc dans le prochain chapitre nous aborderons les maladies qui peuvent affecter les vieux bâtiments.

2^{ème} chapitre :
Etude des pathologies
Et remèdes

I. Introduction :

L'étude de la pathologie est une étape essentielle pour le développement de la réadaptation ou de tout autre projet. Par conséquent, lorsqu'un ancien habitat est affecté par un aspect quelconque de dommages ou de détérioration, il est considéré comme un bâtiment défectueux, et ces manifestations varient en taille, en forme et en emplacement. Il y a des manifestations de déséquilibre dans l'habitat ancien dans son ensemble. Il existe des manifestations d'éléments structurels défectueux dans l'habitat, et ces manifestations peuvent affecter l'aptitude de l'habitat à être utilisé sans affecter l'intégrité de la structure elle-même, et il existe des manifestations qui conduisent directement à un effondrement partiel ou complet, ou au moins conduire l'habitat dans un état de déséquilibre ou dans une situation dangereuse.

Dans ce chapitre, nous avons traité d'une connaissance aussi précise que possible des caractéristiques et du comportement de la structure en détérioration. Donc l'idée d'une structure complètement permanente est une idée inaccessible. Cette faiblesse des structures nous oblige à recourir à une bonne technique Diagnostiquer et écouter tout au long du cycle de vie de la structure. Rappelons que : « les travaux de réhabilitation des immeubles anciens concernent une gamme très vaste de « mises à niveau », ceux-ci pouvant aller du simple remplacement des canalisations et de tous les appareils sanitaires vétustes, à la restructuration complète d'un bâtiment, avec conservation des façades ».

***Le tableau ci-dessus regroupe les différentes pathologies qui peuvent atteindre un bâtiment, avec en complément le détail de leur typologie et de leur origine :**

Famille	Lésions	Types
Physique	Humidité	Capillaire/de filtrage/de condensation/accidentelle/de travaux
	Saleté	Par dépôt / Par nettoyage différentiel
	Erosion	Météorologique
Mécanique	Déformations	Tassement/Effondrement/Flambement/Gauchissement/Flèche
	Fissures	Par charge / Par dilatation – contraction
	Fissures superficielles	Par support / Par finition
	Détachements	Finitions continues / Finitions par éléments
	Erosion	Coups / Frottements
Chimique	Efflorescence	Sels solubles cristallisés/Réaction chimique avec les sels
	Oxydation	Oxydation superficielle
	Corrosion	Oxydation préalable/Immersion/Aération différentielle/Paire galvanique
	Organismes	Présence et attaque d'animaux/Présence de plante
	Erosion	Pollution

Tableau 01 : Classification générale des pathologies liées des habitats. [1]

II -Les principales causes de désordre:

Les désordres sont principalement causés par la sollicitation du matériau ou du système à l'encontre des propriétés mécaniques. Le matériau terre ne doit pas être soumis aux efforts de traction ou de flexion car il ne résiste qu'à la compression.

Nous pouvons dénombrer plusieurs causes de désordre :

- ❖ 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, mur non chaînés, trop élancés, trop percés d'ouvertures, des tableaux de baies trop lourds, des charges de toitures non reprises par le 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.
- ❖ L'action du vent : Nous signalons que le vent altère aussi très fortement les constructions en terre. Il cause des dégradations au sommet et à la base du mur, plus ou aggravées par l'impact d'objets transportés, ainsi que par l'impact du sable (caractéristique du sud Algérien).
- ❖ Les autres causes annexes : les influences climatiques et actions des êtres vivants tels que les insectes et les rongeurs.

Cratère a défini deux types de pathologies, les pathologies humides et structurelles : [34]

1. Les pathologies humides :

Les pathologies liées à l'eau sont relativement bien connues, elles sont dues à :

- Présence de l'eau à la surface du bâtiment ;
- Présence d'ouvertures dans cette surface (fenêtre ou fissures) qui permettraient à l'eau de s'infiltrer.
- Présence d'une force qui ferait pénétrer l'eau à l'intérieur (pression, gravité, capillarité).

On révèle les effets les effets de ruissellement, rejaillissement, stagnation, absorption, impact et infiltration, qu'on désigne généralement par le système de la goutte d'eau Ce sont les principales actions, accentuées très souvent par des actions tels que l'absence d'entretien, la non protection des gargouilles, les tableaux d'ouverture, l'arrosage ... etc.

Les pathologies humides entraînent aussi des pathologies structurelles par l'effet des remontées capillaires et des rejaillissements de l'eau sur les murs, ce qui accentue le risque de creusement et affaiblie la structure porteuse. [34]

2. Les pathologies structurelles :

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

Les fissures 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. [34]

• **Les fissures** : Elles sont souvent le résultat des erreurs constructives ou des modifications ultérieures. La forte compression, due aux surcharges propre 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, (mauvaise fondation et tassement différentiel) crée des fissures qui peuvent favoriser l'infiltration de l'eau voir déstabiliser le bâtiment [34].

III. Diagnostic et analyse de pathologie et le remède:

III.1. Les fissures en générale:

III.1. 1. Le constat :

La fissure désigne de façon générale toutes fentes, ouvertures linéaires (horizontales, verticales, ou obliques), ou traces plus ou moins régulières donc la largeur est comprise entre 0.200mm à 2mm, affectant la surface d'un enduit, d'un dallage ou d'un appareil sanitaire etc.

Lorsqu'on constate la présence d'une fissure dans une maçonnerie, il faut toujours déterminer la cause de la déformation et son évolution probable.

Certaines fissures n'ont qu'un inconvénient bénin bien qu'elles demandent un traitement, et peuvent vite être stabilisées : fissures de retrait de matériaux lors du séchage (enduit, ragréage, plâtre...) ou de mouvement différentiel à la jonction de deux matériaux de natures différentes (bois, brique) ; ces fissures ne concernent pas la structure du bâti.

D'autres fissures peuvent en revanche, être le résultat d'un désordre affectant la structure du bâti ou de sol. Elles deviennent sérieuses lorsqu'elles portent atteinte à l'étanchéité à l'eau, ou à l'air des murs (fissures pénétrantes laissant passer l'eau de pluie à travers un mur extérieur).

Plus graves encore sont les fissures qui traduisent un affaissement des fondations, ou des mouvements du sol (tassement différentiel).

La première chose à faire en présence de fissures est de vérifier si elles sont apparues lors de la réalisation et n'ont jamais évolué ou si, au contraire, elles évoluent. Il est opportun de mettre sous observation leur évolution. La pause de témoins est alors conseillée. Elle permet de suivre l'évolution ou la stabilisation de la fissure.

*Les trois principales causes de fissuration des murs extérieurs des pavillons :

- Le retrait des mortiers.
- L'hétérogénéité des matériaux.
- La flexion des planchers. [35]

*Les facteurs plus courants des fissures dans les murs des maisons sont les suivants :

- **Un choc** : le choc peut être direct, comme dans le cas d'un coup ou d'un accident, ou bien indirect, comme dans le cas d'un tremblement de terre ou d'un sinistre.
- **Une infiltration d'eau** : une façade fragilisée peut laisser passer l'eau. Avec la formation de gel lors des périodes de froid, une fissure peut alors se créer.
- **Une instabilité du sol argileux** : les habitations construites sur un sol argileux sont sensibles aux mouvements de celui-ci. En effet, un sol argileux est soumis au phénomène de retrait et de gonflement naturel. Si ce facteur n'a pas été pris en compte lors de la construction, il se peut que les fondations et la structure de l'habitation se fissurent.

- Une **malfaçon** : ce type de facteur aggravant peut être véritablement problématique et compromettre la structure entière de l'habitation.
- L'assise de la maison peut s'avérer **instable**.
- Un **affaissement ou un effondrement** souterrain est possible. Souvent invisible de la surface, il impacte la structure de la maison, entraînant la formation de fissures.
- La **construction d'un bâtiment** à proximité de chez vous peut fragiliser le sol. En effet, le chantier peut nécessiter un creusement qui affaisse le terrain ou bien occasionner des vibrations qui, répétées, peuvent avoir une incidence sur le bâti environnant.

D'autres facteurs sont évidemment possibles. [36]

- Les fissures en façade peuvent se présenter sous différentes formes, verticales, horizontales ou obliques
- Elles sont soit inesthétique, soit au contraire structurelle (fissures traversées par exemple), c'est-à-dire qu'elles présentent un risque pour la structure du bâtiment

Les experts fissures sont à votre disposition pour analyser les causes de ces fissures et évaluer les risques en proposant des solutions de traitement de principe. [37]

III.1.2. Classification des fissures:

a. FAÏENÇAGE :

Il est dû à un excès de talochage ou à un séchage de la surface trop rapide. [52]



Figure 74 : Faïençage dans un enduit de façade, avec un réseau de microfissures [52]

b. MICROFISSURES :

La microfissure est une ouverture linéaire, de largeur inférieure ou égale à 0,2 mm. La microfissure quant à elle concerne la totalité de l'épaisseur de l'enduit. Bien que superficielles, les microfissures sont à surveiller car elles peuvent être à l'origine d'infiltration d'eau passant sous l'enduit de surface, ce qui l'endommagerait. Elles peuvent aussi évoluer en véritables fissures. [53]

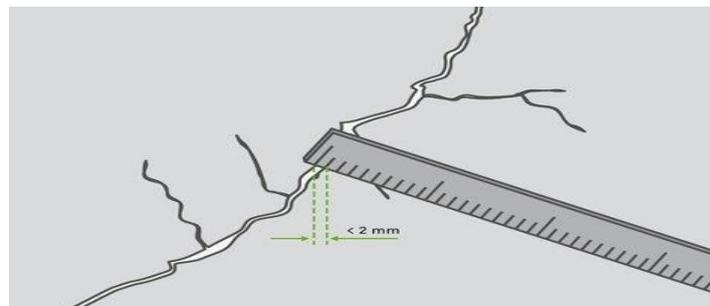


Figure 75 : les microfissures à largeur 2 mm [53]

c. FISSURES FINES :

La fissure fine est une ouverture linéaire, au tracé plus ou moins régulier, de largeur de 0,2 à 2 MM. Elles peuvent concerner toute l'épaisseur de l'enduit ou concerner également la maçonnerie.

- ✓ **Fissures en moustache** : elles partent des angles des ouvertures et sont obliques ou verticales. Elles sont dues à une faiblesse de la maçonnerie aux niveaux des appuis de fenêtres ou de l'ensemble des ouvertures (porte, porte-fenêtre, baie vitrée, etc.).
- ✓ **Fissures verticales aux angles du bâtiment** : elles peuvent provenir de fondations inadaptées ou d'un défaut du chaînage vertical.
- ✓ **Fissures horizontales à hauteur du plancher** : Elles sont rattachées aux phénomènes de retrait ou dilatation des matériaux. [53]

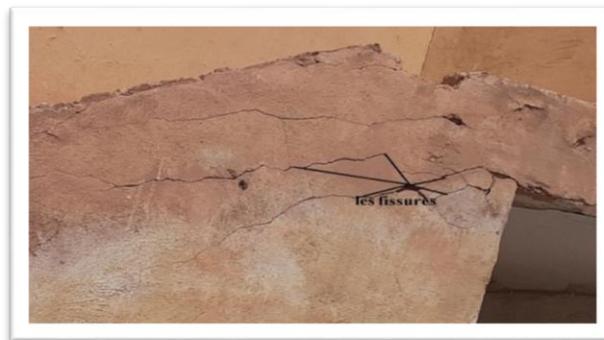


Figure 76 : les fissures fines [20]

d. LÉZARDES ET FISSURES TRAVERSANTES :

La lézarde est une ouverture pouvant atteindre toute l'épaisseur du mortier ou crépi de finition reposant sur la structure de construction (briques, moellons, parpaings) et dont la largeur dépasse 2mm. Elles sont les conséquences d'une instabilité du terrain ou de la mauvaise assise de la construction ou de matériaux aux dilatations contradictoires, et dans ce cas des travaux en sous-œuvre peuvent être nécessaires, seul un professionnel habilité peut le confirmer. [53]



Figure 77 : une lézarde de plusieurs centimètres de largeur. [52]

- ✓ **Fissures traversâtes** : cette fissure traverse aussi bien le revêtement extérieur que le matériau de construction. Elle est souvent due à un défaut structurel.
- ✓ **Fissures en escalier** : Elles suivent les joints de la maçonnerie (parpaings, briques, etc.) qui compose le mur et sont souvent dues à un tassement excessif du sol d'assise des fondations d'un mur. [53]



Figure 78 : fissures en escalier [52]



Figure 79 : fissures traversâtes sur mure ancienne [54]

III.1.3. Analyse des désordres :

- ✚ La forte inclinaison des murs conduit à l'affaiblissement des murs en raison d'un mortier de ligature faible ou en raison de l'inclinaison du bâtiment.
- ✚ Fissures verticales sur toute la hauteur du mur ou dans une partie de celui-ci à la suite d'un mouvement horizontal avec la présence d'un élément horizontal du mur.
- ✚ Couper des fissures dans les accotements des bâtiments, car ces accotements sont faibles en coupe (entre deux fenêtres ou entre une fenêtre et un mur vertical ou au niveau d'une échelle).
- ✚ Séparer les fissures entre les murs, qu'ils soient internes ou externes, ou aux angles en raison de la faiblesse de la liaison entre eux.
- ✚ Fissures horizontales dues au bosselage
- ✚ Fissures verticales et horizontales résultant du mouvement du mur en dehors de son plan vertical.
- ✚ La chute des murs des barres de toit et des balcons à la suite d'un mouvement horizontal et d'une limite inférieure entre les murs et le plafond en dessous d'eux.
- ✚ Séparation verticale des éléments muraux (dans les murs épais).
- ✚ L'apparition d'humidité et de sels dans les murs, en particulier le fond.
- ✚ Fissures verticales au niveau des anciens joints de liaison dans les murs, ou en raison de la différence de matériau de construction entre eux, ou en raison de la différence de charges et de contraintes entre deux parties d'un même bâtiment.
- ✚ Les fissures de bloc, qui sont des fissures séparant un bloc de bâtiments de haute qualité et un autre bloc de bâtiments de mauvaise qualité.
- ✚ Fissures en pente résultant du déclin relatif des fondations des murs.
- ✚ Fissures horizontales dues à des défauts de la méthode de construction et au non-respect
- ✚ Les origines de l'industrie en elle ou le manque d'intérêt pour le mortier ou l'utilisation de briques de qualité inférieure à faible résistance. [2]

III.1.4. Réparation et traitement des fissures dans les murs porteurs :

Les fissures dans les murs porteurs peuvent être verticales, horizontales ou inclinées, dont les plus dangereuses sont inclinées, et elles sont traitées comme suit :

A-Traitement des fissures verticales :

Les fissures verticales sont traitées en boutonnant des briques horizontales perpendiculairement à la fissure verticale et elles sont fermées avec du mortier de coulis ou faites selon ce qui est suivi dans le traitement des fissures obliques. [2]



Figure 80 : Répare les fissures par enduit verticales [39]

B - Traitement des fissures horizontales :

Comme mentionné précédemment, les fissures horizontales sont le type de fissures le moins dangereux dans les bâtiments porteurs et sont traitées en élargissant les fissures avec une profondeur et une largeur appropriées, puis en nettoyant les fissures avec de l'air comprimé avec de l'eau humidifiée, puis en pulvérisant la surface avec une couche de coulis de ciment époxy fort, puis remplir les fissures avec du mortier de coulis ou du béton polymère renforcé de fibres.[2]



Figure 81 : Répare les fissures par enduit horizontales [40]

C-Traitement des fissures inclinées :

Les fissures inclinées sont le type de fissures le plus dangereux dans les bâtiments porteurs. Elles sont traitées en boutonnant des briques horizontales dans la zone autour de la fissure. Elles sont fermées avec du mortier de coulis, ou le traitement est fait avec de la peinture de coulis puis rempli de fibres mortier de ciment polymère renforcé Distances allant de 25 à 50 cm.[2]



Figure 82 : réparer les fissures inclinées. [40]

- **Traitement dans chaque largeur :**

- 1) **Traitement des fissures d'une largeur allant jusqu'à 3 mm :**

- Les fissures et les bosses de moins de 2 mm de largeur sont identifiées et identifiées.
- Les fissures sont ouvertes sous la forme de la lettre V.
- Retirez les pièces démontées et nettoyez les fissures de l'intérieur avec de l'air comprimé.
- Les fissures sont humidifiées avec de l'eau de l'intérieur.
- Les fissures sont remplies de mortier époxy sans retrait. [2]



Figure 83 : Remplir les fissures avec du mortier époxy. [42]

- 2) **Traitement des fissures d'une largeur de 3 mm à 10 mm :**

Toutes les fissures d'une largeur de 3 mm à 10 mm sont vérifiées et identifiées,

Les fissures sont ouvertes sous la forme de la lettre V.

Retirez les pièces démontées et nettoyez les fissures de l'intérieur avec de l'air comprimé.

La surface intérieure est peinte avec du mortier époxy.

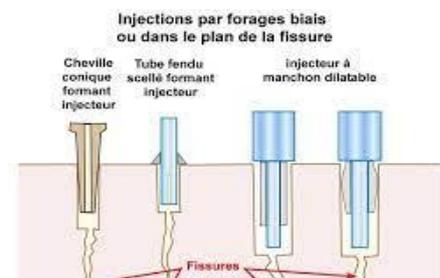


Figure 84 : méthode d'injection [43]

Les fissures sont comblées avec un mortier époxy qui ne rétrécit pas et il est préférable d'utiliser la méthode d'injection.[2]

- 3) **Traitement des fissures d'une largeur supérieure à 10 mm :**

-Suivez les étapes ci-dessus dans le paragraphe précédent.

-À l'exception de la dernière étape, où les fissures sont remplies ou injectées avec un mortier ciment-sable amélioré avec des additifs qui augmentent sa cohésion et réduisent le retrait, ou avec un mortier de ciment liquide à haute résistance et non rétractable.

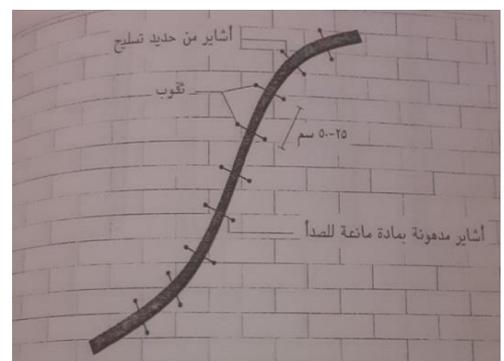


Figure 85 : Traitement des fissures des broches [2]

-Le boutonnage des fissures doit être réalisé à l'aide de barres d'acier de 10 mm de diamètre, espacées de 40 cm.

-Les agrafes sont fixées en faisant des trous des deux côtés de la fissure, qui sont Remplis de colle époxy, dans lesquels les agrafes sont plantées. [2]

***Autre Solution :**



Figure 86 : Renforcement éventuel de la structure avec un élément porteur (poutre, poteaux). [2]

III.2.L'humidité:

III.2. 1. Le constat :

L'humidité apparaît sur les constructions suite à l'absorption par ces dernières de l'air humide contenu dans leur environnement. La transmission de la vapeur à travers les murs des aires intérieures chaudes vers les aires extérieures humides, la condense et la métamorphose en eau en présence de la température adéquate pour sa saturation. Il est fréquent que l'humidité apparaisse à cause des fuites des espaces sanitaires et des canalisations en eau potable et des eaux usées.

L'humidité causée par le phénomène de capillarité constitue le cas le plus fréquent. [44]

III.2.2. Analyse des désordres :

L'humidité a des impacts négatifs sur les constructions, car les espaces humides sont nocifs à la santé humaine. La gravité des lésions imputées à l'humidité dépend de son origine et de la durée pendant laquelle les constructions y sont exposées. Quant à l'humidité dense, qui apparaît sous forme de taches ou de traces de moisissures sur les murs, si elle n'est pas traitée dès son apparition, elle se propagera et causera aux structures des constructions de graves lésions, telles que gonflement des murs porteurs et détérioration du mortiers et de la pierre ce qui réduit leur résistance et leurs caractéristiques mécaniques. Il est fréquent que l'humidité apparaisse sur les parties inférieures des façades à cause du phénomène de capillarité, et sur les parties supérieures à cause de la détérioration de l'étanchéité et des chenaux sous l'effet de la chute de pluies [44].



Figure 87 : dégradation de plancher de maison de Ghardaïa [20]

*Les symptômes de l'humidité sur les murs extérieurs :

- les murs des façades mettent beaucoup de temps à sécher après la pluie
- les façades se fissurent
- les enduits extérieurs se décollent ou noircissent

*Les symptômes des murs humides à l'intérieur:

- les bois pourrissent
- les revêtements muraux (peinture, papier peint,...) se décollent
- au toucher, les murs sont froids et humides
- des taches d'humidité apparaissent sur les murs intérieurs
- à l'intérieur comme à l'extérieur, les murs dégagent une odeur nauséabonde. [45]



Figure 88 : L'apparition d'humidité sur l'interface [20]

III.2.3. Traitement :

a) Le traitement de la capillarité :

- ✓ Pour se débarrasser de la remontée capillaire, il convient de réaliser le drainage des eaux profondes.
- ✓ Des matériaux isolants doivent également être utilisés pour empêcher l'élévation capillaire.
- ✓ Diviser le mur horizontalement par des bandes et poser des matériaux imperméables
- ✓ Sous la largeur du mur (comme le bitume, le plastique, etc.)
- ✓ Revêtement imperméable par injection.
- ✓ L'application de la méthode électrique. [44]



Figure 89 : Bas de mur traité par injection de résine [46]

b) Réparation des joints entre les pierres :

*Dans le cas des façades en pierres vues (sans revêtement), l'humidité conduit à la dégradation du mortier. Pour la réparation des joints détériorés, on suit les étapes suivantes :

- Des joints détériorés avant la restauration
- Décapage et Nettoyage des joints, Arrosage ensuite Remplissage et Essuyage externes Des pierres
- Des joints parfaits après la restauration. [44]

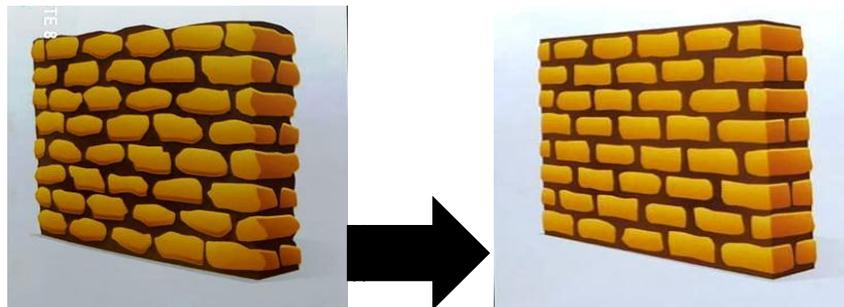


Figure 90 : Des joints détériorés avant et après la restauration [44]

c) Le traitement de la cristallisation des sels et l'évacuation des immondices :

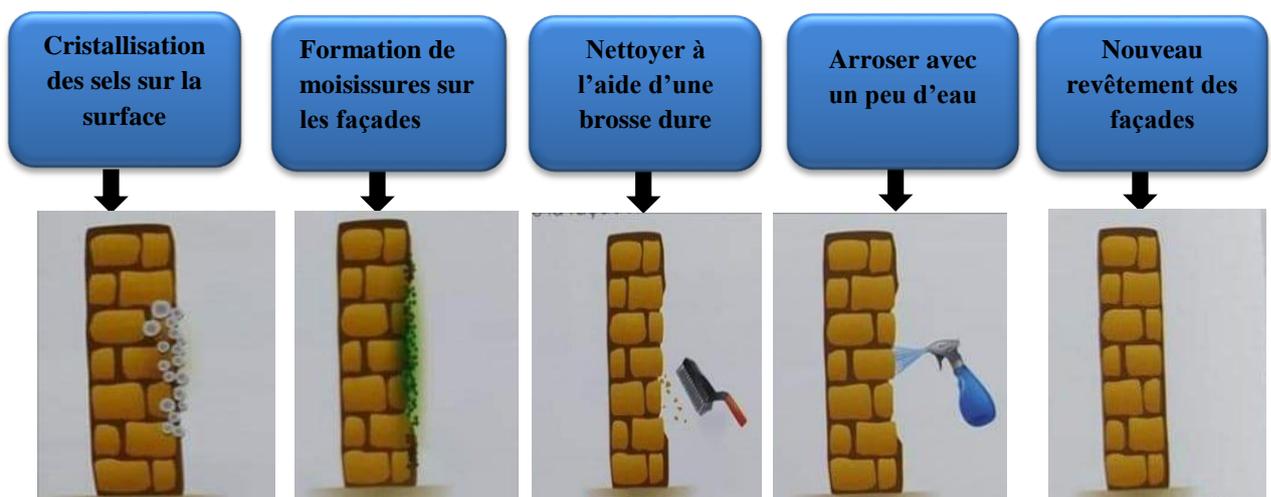


Schéma 1: Le traitement de la cristallisation des sels et l'évacuation des immondices [44]

d) Traitement des végétations sur les façades :

Figure 91 : Des palmes et des branches d'arbres dont la friction avec les façades [44]

Cette action peut provoquer la lésion de la façade en arrachant avec les plantes des parties importantes du revêtement et du joint. Asperger les herbes avec un pesticide en le laissant agir le temps nécessaire, jusqu'à ce qu'elles meurent, sèchent ou s'affaiblissent pour les arracher sans risque pour le revêtement des joints. Dans le cas des palmes et des branches d'arbres dont la friction avec les façades provoque la chute du revêtement, il faudra les couper puis renouveler le revêtement des parties détériorées. [44]

III.3.La détérioration des Pierres:**III.3.1. Le constat :**

Outre sa qualité climatique, la pierre se caractérise par sa rigidité et sa résistance, ce qui lui vaut d'être utilisée dans la réalisation des façades et dans les différents éléments constituant la structure des constructions. Mais au fil du temps et sous l'influence de différents facteurs naturels, la pierre se dégrade et nécessite une maintenance périodique afin de sauvegarder les constructions. [44]



Figure 92 : détérioration des pierres. [44]

III.3.2. Analyse des désordres :

*En plus des charges de compression et l'humidité générée par les fuites ou la capillarité, la pierre est soumise aux agressions de :

- ❖ l'érosion,
- ❖ le soleil,
- ❖ le vent,
- ❖ la pluie.

* Elle subit différentes lésions, notamment :

- ❖ la cristallisation des sels,
- ❖ la détérioration de surface,
- ❖ les fissures et les cassures. [44]

III.3.3. Le traitement :

***Pour réparer la détérioration des pierres, on doit :**

- + Localisez la zone touchée et nettoyez-la avec de l'eau.
- + Remplissez le vide résultant avec une couche d'eau de Javel.
- + Choisissez des pierres du même type pour.
- + Remplacez les pierres détériorées.
- + Remplissez les lacunes restantes derrière le fichier pierres avec mortier liquide. [44]

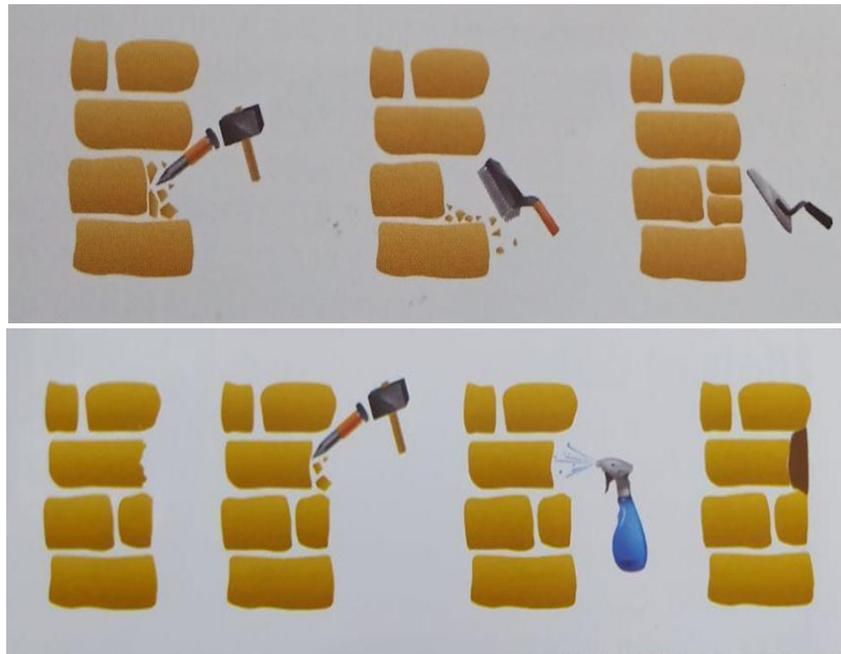


Figure 93 : réparation la détérioration des pierres [44]

III.4. Ouvertures :

III.4.1. Le constat :

Les portes et les fenêtres traditionnelles ont été réalisées en troncs de palmier. Le fer est utilisé dans les éléments métalliques des portes et des fenêtres, telles que les clous, les serrures, les poignées des portes, les chaînes, etc. Les coins des ouvertures consacrées aux portes et fenêtres sont construits en pierre et plafonnés par des linteaux en bois ou en pierre afin de supporter le poids des murs.

Les seuils devant les portes sont construits pour protéger les espaces internes des courants d'air et des reptiles.

Au fil du temps les ouvertures sont atteintes de plusieurs détériorations ; celles qui touchent le bois et éléments métalliques et celles qui attaquent la structure. [44]



Figure 94 : la rupture des linteaux en bois ou en pierre au-dessus ou coté des ouvertures. [44]

III.4.2. Analyse des désordres :

Quelques problèmes de réalisation affecteront l'état des ouvertures, à savoir le tassement différentiel des fondations, la rupture des linteaux en bois ou en pierre au-dessus des ouvertures. Par conséquent, le mouvement des portes et des fenêtres sera bloqué ou entravé. L'exposition de longue durée et sans protection à l'humidité et aux conditions climatiques externes rouille les parties métalliques et dégrade le bois, et permet leur infection par les insectes. [44]

III.4.3. Traitement :

Avant toute intervention sur les portes et les fenêtres, traiter les sources des problèmes, à savoir le renforcement des fondations ou le remplacement de linteaux rompus et la réparation des fissures. L'élimination de sources d'humidité reste la démarche la plus importante pour assurer une bonne préservation du bois. [44]

En cas d'infection du bois par des insectes et des champignons, il faut :

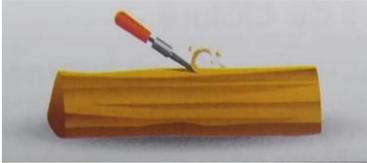
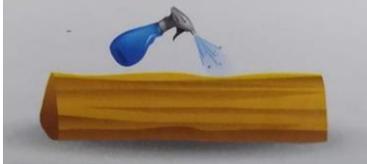
<p>Traitement</p>	<p>Photo de traitement des ouvertures</p>
<p>-Eliminer les parties dégradées des boiseries</p>	
<p>-Vaporiser les zones touchées avec le pesticide Approprié</p>	
<p>-Rupture des linteaux et fissuration des façades</p>	
<p>-Renforcement des murs au-dessus des linteaux</p>	
<p>-Evacuation des parties détériorées</p>	
<p>-Réalisation des arcs au-dessus des ouvertures pour aider la distribution des charges sur les flancs</p>	
<p>-Démontage du renforcement et renouvellement du revêtement de la façade</p>	

Tableau 2 : Le tableau montre comment réparer l'interface des ouvertures [44]

III.5. Murs de clôture:

III.5.1. le constat :

Les cours des résidences d'été dans les oasis sont généralement entourées par des murs en pierre ou en argile revêtus en mortier de chaux. Les murs de clôture sont moins protégés car ils sont exposés aux facteurs naturels sur leurs deux faces contrairement aux autres murs d'habitation qui sont mieux protégés. Les murs de clôture supportent également les effets de la végétation (branches d'arbres, racines, eaux d'irrigation, etc.). [44]



Figure 95 : les effets de la végétation branchent d'arbres et racines. [44]

III.5.2. Analyse des désordres :

Les murs de clôture subissent plusieurs facteurs de dégradation, que ce soit au niveau de la structure des murs, sommet ou aux soubassements, à cause de la vétusté de la construction, des changements climatiques, de la végétation qui plongent leurs racines entre les joints. Les infiltrations des eaux de pluies, spécialement au niveau des sommets, génèrent aussi des fissurations et dégradation des revêtements et des constituants du mur. La friction ajoutée au mouvement des branches qui touchent les murs, provoquent l'érosion et le décapage du revêtement. Elles sont également exposées à la forte poussée exercée par les racines des arbres qui traversent les fondations, menaçant leur stabilité.

Les détériorations survenues sur les sommets et les bases affectent la structure centrale du mur et causent des fissurations et des effondrements. [44]

III.5.3. Traitement :

La préservation des murs de clôture nécessite un contrôle périodique pour réparer toutes les dégradations dès leur apparition avant qu'elles ne se propagent. Pour cela, il faut :

- Protéger les sommets des murs contre les eaux pluviales et les variations climatiques en traitant les fissures apparues sur la couche de protection.
- Protéger les murs de clôture des frictions en élaguant les branches qui les touchent.
- Eloigner les arbres dont les racines exercent une poussée sur les fondations.
- Empêcher l'installation de plantes grimpantes à côté des murs, qui après extraction provoquent l'arrachement du revêtement.

- Comblers les joints entre les pierres pour protéger les murs de clôture des infiltrations des eaux de pluies et de la reproduction des insectes qui creusent des refuges à l'intérieur des murs.
- Renouveler le revêtement détérioré avec les mêmes caractéristiques que le mortier déjà utilisé et éviter l'utilisation du mortier en ciment qui ne tolère pas une aération naturelle des murs, et conduit à l'affaiblissement de leur résistance et au détachement graduel du revêtement en ciment puis sa chute. [44]

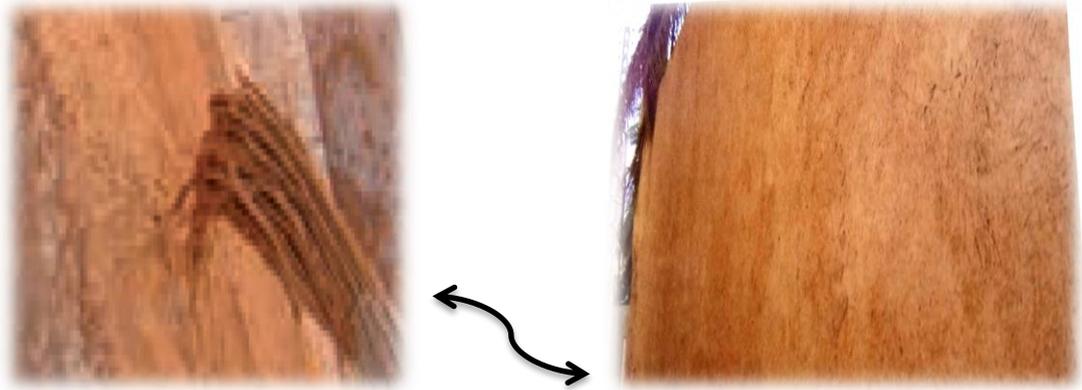


Figure 96 : Renouveler le revêtement détérioré avec les mêmes caractéristiques que le mortier déjà utilisé [44]

III.6. Le farinage :

III.6.1. Le constat :

Apparition au cours du vieillissement de la peinture d'une poudre fine peu adhérente à la surface du film pouvant donner un aspect décoloré. Bien qu'un certain degré de farinage soit normal et acceptable, un farinage trop important conduit à une érosion excessive et à une dégradation prématurée du film de peinture. [47]



Figure 97 : farinage de peinture [48]

III.6.2. Analyse des désordres : [35]

Le plus souvent, action conjuguée de l'oxygène de l'air, de l'eau de pluie et des radiations UV du soleil.

- Peinture utilisée de mauvaise qualité, trop pigmentée.
- Peinture intérieure appliquée en extérieur.

{A NOTER : En présence d'une peinture dite « auto-lavable », le farinage est normal, car il évite l'encrassement grâce au dépoussiérage du feuil sous l'action des intempéries intérieure} [35]

III.6.3. Traitement :

- Éliminez les résidus pulvérulents à l'aide d'une brosse ou d'un autre outil de nettoyage mécanique.
- Rincez soigneusement et laissez sécher.
- Appliquez une sous-couche, puis une peinture extérieure de qualité, adaptée à l'état de la façade.



Figure 98 : vue sur l'encrassement [35]

III.7. L'encrassement : [35]

III.7.1. Le constat :

Accrochage de salissure, de particules de poussière sur la peinture.

III.7.2. Analyse des désordres :

- Pollution ;

III.7.3. Traitement :

- Lessiver les salissures à l'aide d'un produit adapté (type détergent) puis rince abondamment ;
- Bien laisser sécher le support ;
- Appliquer une peinture de façade moins sensible à l'écrasement

III.8. le nuançage :**III.8.1. Le constat :**

Altération plus ou moins localisée de la couleur caractérisée par une modification de teinte.



Figure 99 : vues sur le nuançage [35]

III.8.2. Analyse des désordres :

- Exposition importante et localisée de la façade au rayon UV ;
- Quantité de revêtement insuffisante ;
- Vieillesse de la peinture ;

III.8.3. Traitement :

- Nettoyer le support ;
- Appliquer deux couches de peinture ;

III.9. Moisissures:**III.9.1. Le constat :**

Champignon noir, gris ou brun pouvant pousser à la surface d'une peinture ou d'un matériau d'étanchéité. [47]



Figure 100 : vues sur les Moisissures, Mousse. [35]

III.9.2. Analyse des désordres :

- Humidité, manque de soleil.
- Peinture utilisée de qualité inférieure, contenant une quantité de biocide insuffisante.
- Peinture appliquée sur un substrat ou un revêtement dont les moisissures n'ont pas été éliminées. [47]

III.9.3. Traitement :

- ❖ portez des lunettes de sécurité et des gants en caoutchouc.
- ❖ Lavez toute la surface contaminée avec une solution diluée d'eau de Javel (un quart pour trois quart d'eau) ou avec un shampoing façade Laissez agir pendant 20 mn, en retraitant au fur et à mesure que la solution sèche.
- ❖ Lessivez et rincez la surface.
- ❖ Appliquez un fongicide sans rinçage à titre préventif pour obtenir un effet de rémanence.
- ❖ Appliquez une sous-couche façade acrylique, puis une peinture de finition façade acrylique. [47]

III.10. La corrosion :

III.10.1. le constat :

La corrosion est une réaction chimique ou électrochimique entre un matériau, généralement Un métal, et son environnement qui entraîne une dégradation du matériau et de ses Propriétés. La corrosion désigne l'interaction physico -chimique entre un métal et son milieu Environnant entraînant des modifications dans les propriétés du métal et souvent une Dégradation fonctionnelle du métal lui-même, de son environnement ou du système Technique constitue par les deux facteurs. La corrosion représente donc tout processus de Dégradation des matériaux métalliques, ou de leurs propriétés, par suite d'une réaction avec Le milieu environnement. [49]



Figure 101 : la corrosion dans maison de Ghardaïa [26]

III.10.2. Analyse des désordres :

- La carbonatation de la chaux et le ciment et la pénétration des ions de chlorure jusqu'au niveau des armatures provoque une corrosion des aciers

III.10.3. Traitement :

Nettoyage manuel de la couche de rouille en utilisant :

- Une brosse de fer couvrir toute la surface du fer avec un couche de protection à base d'oxyde de zinc à l'aide d'une brosse.

III.11. Les mouvements des fondations :



Figure 102 : vues sur les mouvements des fondations [35]

III.11.1. Le constat : [35]

*Les argiles dites « gonflantes » sont dangereuses pour les fondations :

Tassements en période de sécheresse, soulèvements quand l'eau revient.

Cette alternance de tassements et de soulèvements provoque des dégâts dans les murs. Dans les cas graves, les fissures peuvent atteindre une largeur de 30 à 40 mm : on parle alors de lézardes.

III.11.2. Analyse des désordres :

En alternance saisonnière normale, les variations de teneur en eau du sol dit gonflant perturbent son équilibre hydrique sur moins d'un mètre de profondeur.

Ce phénomène provoque une importante diminution du volume du sol argileux, ce qui se traduit par un retrait pouvant atteindre une dizaine de centimètres.

Des efforts différentiels importants apparaissent donc entre le centre des pavillons et la périphérie, d'où l'apparition de fissures ou de lézardes.

III.11.3. Traitement :

- Réaliser des sondages de sols dans les conditions du DTU 11.1 ;
- Repérer si le site se trouve sur une zone concernée par le phénomène d'argiles gonflantes ;
- Bien mettre en œuvre les dispositions constructives nécessaires pour limiter les variations d'humidité dans le sol d'assise... ;

Le recours à un BET spécialisé pour étudier les principales caractéristiques géotechniques du sol est indispensable.

Des essais en laboratoire (limites d'Atterberg, essai à l'odomètre) sont indispensables pour reconnaître précisément le type de sol rencontré et le potentiel de gonflement de toute couche argileuse douteuse.

III.12. Les efflorescences :

III.12.1. Le constat :

Formation d'un dépôt cristallin blanchâtre sur la surface du film de peinture. Elles sont entraînées par l'humidité vers la surface des murs où elles cristallisent lorsque l'eau s'évapore.



Figure 103 : Efflorescence [50]

III.12.2. Analyse des désordres : [35]

- Excessive d'humidité.
- Efflorescences précédentes non éliminées.

III.12.3. Traitement : [35]

- Trouver la source d'humidité et la supprimer ;
 - Eliminer les champignonnes par brossage humide puis rincer ;
- (Remarque : les peintures solvants résistent mieux aux efflorescences)

IV- Conclusion:

Dans ce chapitre, nous apprenons autant que possible sur les caractéristiques et le comportement de la structure dégradée, abordons les causes de la dégradation de l'habitat et proposons des solutions pour y faire face.

3^{ème} chapitre :
Les méthodes de
réhabilitation et études
Des cas

Introduction :

Au cours des chapitres précédents, nous avons discuté des concepts d'habitats anciens et de la manière de traiter les dommages qu'ils peuvent subir.

Sera également abordé le sujet de la réhabilitation comme processus de protection du patrimoine et ces principes et leurs caractéristiques, avec des exemples d'études qui nous ont montré l'importance de ce type d'intervention dans le patrimoine.

Dans ce chapitre, l'objectif de la recherche est orienté vers notre étude de cas. Ce dernier concerne l'étude de deux maisons à Ksar Ghardaïa situées dans la ville de Ghardaïa, et leur intervention consiste à les réhabiliter en bon état.

I . Techniques et méthodes de réhabilitations :

La réhabilitation est un processus d'intervention sur le bâti ancien, pour améliorer les conditions de vie des habitants sans porter atteinte aux valeurs patrimoniales de l'édifice.

L'entretien, la préservation et la restauration sont aussi des opérations en plus de réhabilitation visant à rendre à des degrés différents, le bâti à son état d'origine, selon les objectifs à atteindre. La réhabilitation pourra, selon le cas et l'état de conservation du bâti ancien, connaître quatre niveaux d'intervention aussi importante l'une que l'autre : la réhabilitation légère (touchant l'enveloppe –nettoyage et réfection légère/au côté esthétique), la réhabilitation moyenne, la réhabilitation lourde et exceptionnelle qui englobe les interventions sur les structures verticales, horizontale et les fondations [51]

Afin de faire aboutir ce processus de réhabilitation et arriver à une intervention en adéquation, on se familiarisera par des examens attentifs sur l'état de conservation de l'objet d'étude, ce qui aidera au bon choix quant aux travaux à entreprendre, il arrive que l'on se voit obligé de passer par la phase de l'étude pluridisciplinaire en vue d'une meilleure compréhension de l'œuvre architecturale, qui touchera plusieurs domaines : l'architecture, l'histoire, le social et le génie civil.

II. 1.Perspectives et justification d'une politique d'intervention «la réhabilitation» :

La préservation et la mise en valeur de l'architecture traditionnelle des centres historiques ou autre ne sont pas les seuls objectifs d'une opération de réhabilitation, mais aussi l'amélioration des conditions de vie des habitants. Elle est justifiée par des problèmes :

(Sociaux, urbanistiques, économiques, environnementaux et patrimoniaux). [51]

II.1.1. Objectifs et étapes d'une opération de réhabilitation :

La réhabilitation répond à un processus méthodique de transformation et d'intervention programmé avec des objectifs clairs et bien définis, exigeant une action et une évaluation continue en adéquation avec les mutations de la zone considérée et de ces habitants pour une atteinte de confort minimum. Pour en définir et hiérarchiser ses étapes, une étude approfondie de l'objet d'étude sera nécessaire, où le bâtiment sera étudié d'un point de vue architectural et constructif, de manière à comprendre tous les éléments architecturaux et architectoniques le

composant, les relever, analyser ses matériaux de construction, son système constructif et organisationnel afin d'en cerner les techniques constructives et atténuer sinon effacer l'usure du temps, par une connaissance en la matière. [51]

Le processus de réhabilitation se schématise comme suit :

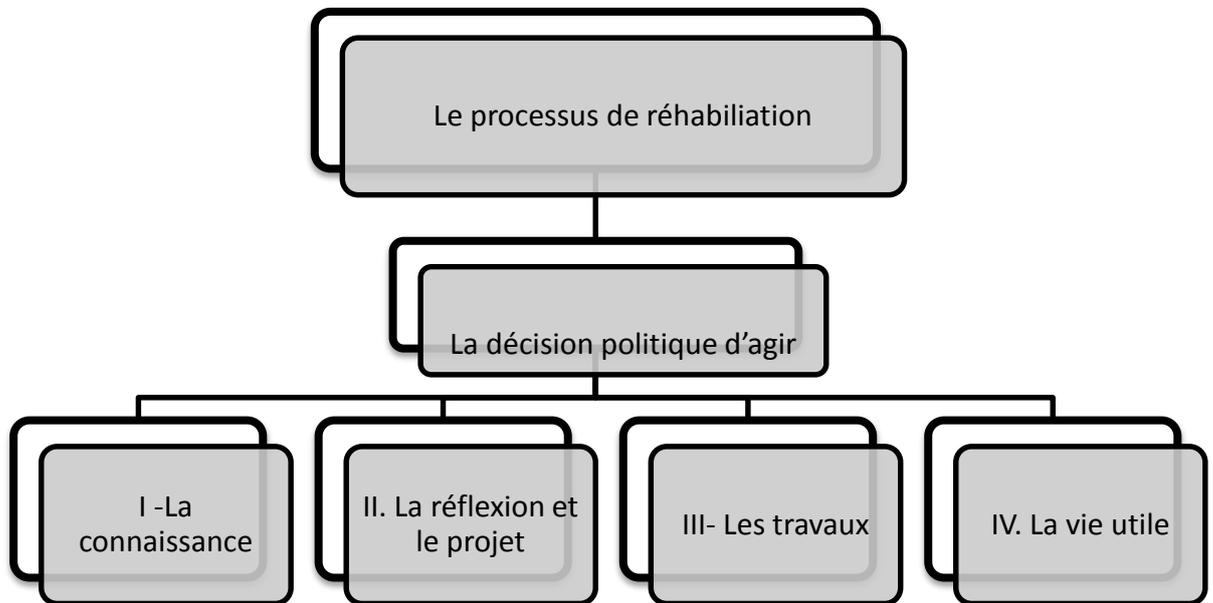


Schéma 2 : Les quatre phases successives dans un processus de réhabilitation correcte [51]

II .1.1.1. La connaissance :

L'opération de réhabilitation ne peut se faire sans une connaissance du bâtiment, de son environnement et de ces occupants. Elle s'effectue en deux étapes à savoir :

- Les préliminaires : à travers un pré-diagnostic donnant une première idée objective de l'objet de l'intervention (le bâtiment et ses usagers) ;
- L'étude pluridisciplinaire : découverte du bâtiment basée sur une enquête disciplinaire soignée où seront analysés les domaines social, historique, architectural et constructif. [51]

II .1.1.2. La réflexion du projet

S'effectue en trois étapes après une connaissance du bâtiment et de ses usagers à savoir :

- Le diagnostic (synthèse) : individualisation des problèmes, leurs causes, basé sur la synthèse des informations recueillies afin d'évaluer les potentialités et le déficit du bâtiment ;
- Réflexion et cadre de décision : confirmation des critères de l'intervention, pour la réalisation des travaux compatibles avec la réalité du bâtiment tenant compte de ces valeurs patrimoniales ;
- Le projet : rédaction du rapport sous forme de document de projet. [51]

II .1.1.3. La vie utile

L’entretien par de petites opérations de nettoyage, de réparation, et une inspection périodique pour en détecter ses déficits, ses nouveaux besoins et qu’il ne recommence pas à se dégrader, après sa réhabilitation.

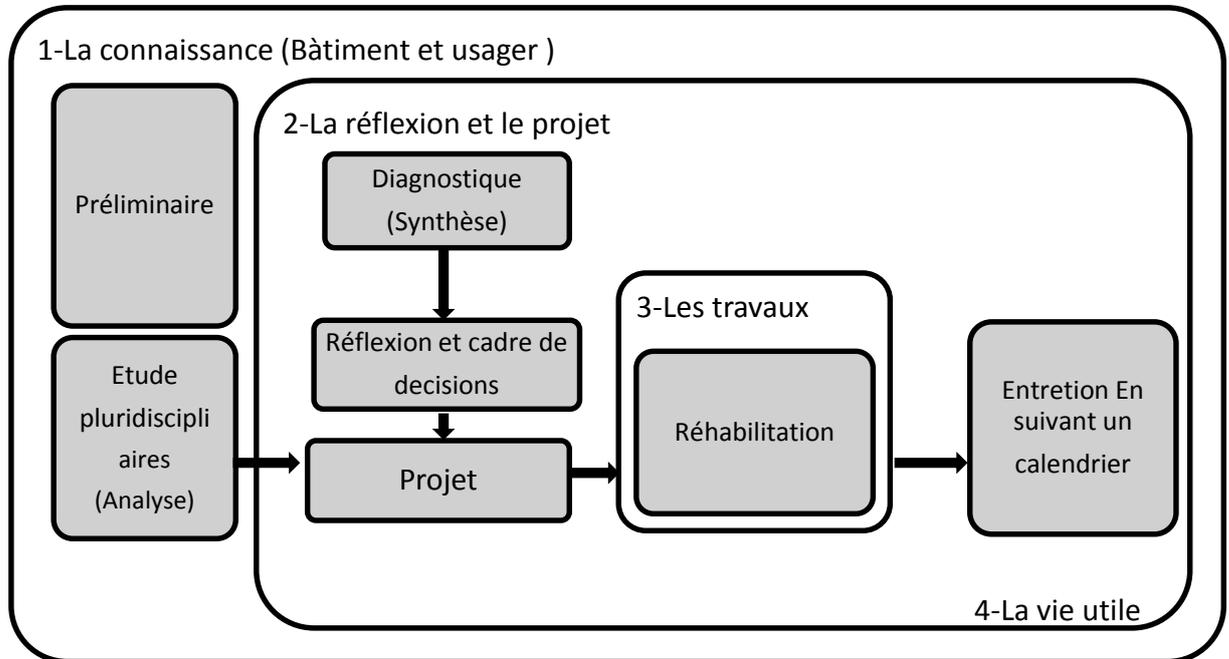


Schéma 3 : Récapitulatif des étapes du processus de réhabilitation [51]

II .1.2. Etapes d’une opération de réhabilitation :

Intervenir de manière correcte sur un bâtiment, revient à identifier et rationaliser les interventions par rapport aux besoins des propriétaires, suivit d’une étude approfondie de l’objet d’étude, qui passera obligatoirement par trois phases à savoir : le pré-diagnostic, les études pluridisciplinaires et le diagnostic. [51]

II .1.2.1. Le pré-diagnostic :

Point clé de l’étape d’inspection du bâtiment, par une observation des désordres, on découvre le système constructif, les valeurs architecturales, les pathologies qui l’affectent, qu’elles soient d’ordre constructifs ou d’habitabilités.

On accordera particulièrement une attention aux descentes de charges et les parcours de l’évacuation des eaux, en effectuant une observation soigneuse quant aux effets de l’humidité et identifier son origine (sols, toitures, canalisation en mauvais état, condensation).

Cet examen attentif permettra de déterminer la cause et la gravité d’éventuels désordres, une évaluation optimale des moyens à mettre en œuvre pour sa réhabilitation.

Parallèlement investiguer sur le statut légal du bâtiment afin de connaître les obligations et les restrictions urbanistiques dont il est l’objet (classification, autorisation et affectations de

la planification urbanistique, degré de cataloguassions, de protection, hypothèques et recensement, etc.).

Le degré de protection patrimoniale de la zone proprement dite et/ou du bâtiment, ainsi que détecter les statuts légaux des occupants du bâtiment : locations à loyer modéré logements occupés, sous loués etc. [51]

II .1.2.2.1. Le rapport du pré-diagnostic :

Après la détection des déficits et des potentialités du bâtiment, le rapport du pré-diagnostic est établi par écrit, il devra évaluer son état de conservation, mettant en exergue sa qualité résidentielle potentielle.

Deux cas de figures peuvent être rencontrés dans l'intervention sur le bâtiment à savoir :

- ne présente pas d'altérations importantes, aucun changement important n'est prévu, on passe à son entretien, en élaborant un plan d'entretien préventif ;
- sinon passer à la phase d'études pluridisciplinaires, pour établir un diagnostic des bâtiments dont la structure porteuse est altérée, qui définira les origines de ses altérations, les moyens et les dispositifs à mettre en œuvre avant d'entamer sa réhabilitation. [51]

II .1.2.2.2. Etudes pluridisciplinaires (analyse) :

Phase de recueil d'informations, pour une connaissance et une compréhension de l'objet à étudier (dans sa consistance historique, physique, culturelle, esthétique...). Le succès de ces études est lié à la compétence de l'intervenant, à sa manière de les mettre en pratique et les diriger. Dans certain cas cette étape, devra être appuyée de tests spécialisés, en particulier pour des désordres importants observés, où des études spécifiques seront définies par le pré-diagnostic. [51]

II .1.2.2.3 Programme d'études pluridisciplinaires:

A ce moment du processus on tient compte de l'échelle de l'intervention qui se fait en mode échelonné, basé sur des hypothèses émises lors du pré-diagnostic, auxquelles des études abordables et cohérentes seront planifiées, ce qui permettra la vérification ultérieure des premières établies. Ce programme d'étude touchera plusieurs domaines dont le social, l'historique, l'architectural, l'économique et le constructif. [51]

II .1.2.2.3.1. Domaine social :

Les aspects socio-économiques sont basés sur l'enquête sociologique (détecter la situation social et problématique des unités familiales : entassement, marginalisation, chômage, abandon, etc.). Un relogement éventuel sera planifié selon le type d'intervention.

La préservation de l'architecture traditionnelle est tributaire des études anthropologiques afin de documenter les manières d'habiter, et les rendre compatible au différent mode de vie. [51]

II.1.2.2.3.2. Domaine historique (Etude historique et documentaire) :

Il aide à fixer des critères d'intervention mieux fondés dans la réhabilitation car, d'une part la méthode historique/enquête dans les sources documentaires archives notariales, archives familiales, photographies anciennes aideront à sa compréhension et son évolution à travers ses transformations. [51]

D'autre part le bâtiment est un document historique, où on lit et on comprend son évolution, il peut être étudié comme culture matérielle par la méthode archéologique, parallèlement à son relevé graphique tel que (plan, coupe, façade, plan cadastrale etc.).

L'histoire orale et les récits appuyés sur des textes décrivant l'architecture du bâtiment, son organisation en plan, le nombre d'étage, la répartition des logements et les techniques de construction traditionnelles utilisées constitue des renseignements très utiles. [51]

Les éléments propres à l'étude sont :

- analyse des matériaux : forme, type, gabarit, appareillage et origine géographique ;
- analyse des enduits et mortiers : composition physico-chimique, couleurs, stratification permettant l'identification, le repérage des transformations du bâti et remaniements (percement et rebouchage d'ouvertures,..., etc...).

II.1.2.2.3.3. Domaine architectural :

La réhabilitation, la restauration ou la consolidation d'un patrimoine bâti, n'est possible que si un relevé géométrique de l'état des lieux (bâtiment et son environnement direct) est effectué. Un ou plusieurs types de relevé nous permettrons d'atteindre un degré de précision :

(Graphique, architectural, photographique) avec une bonne documentation photographique ou vidéographique qui amènera plus de détails. Le relevé pourra être manuel, avec un mètre- ruban ou photogrammétrie, fait avec beaucoup de rigueur du fait qu'il est la base de données nécessaires à l'analyse architecturale du bâtiment et des travaux postérieurs prévus.

Le relevé architectural permet une connaissance et une compréhension du bâtiment, de son architecture. Il s'effectue par une reproduction sur la base d'un dessin, conformément à l'état existant à savoir : ses dimensions, ses proportions, son tracée géométrique, son mode de construction. Il permet aussi l'inspection des valeurs architecturales du bâtiment (l'intégration dans le lieu, la configuration spatiale, une structure singulière, un type d'ornementation, etc.). Les appréciations devront être faites en consultant au préalable les études déjà réalisées sur la typologie du bâtiment, et dans certains cas effectuer des études des aspects singuliers du bâtiment. [51]

La stratigraphie est déterminée à travers un relevé enrichie par l'étude des transformations architecturale du bâtiment, basé sur l'étude historique, du fait qu'il subit des transformations en conséquence des besoins et des moyens de chaque époque (phases d'évolution dans sa construction/aux traces de reprise et ses transformations (entretien, réhabilitation). [51]

Le parement qui caractérise l'architecture traditionnelle (couleur, texture, irrégularité des façades et des intérieurs) nécessitera une participation pluridisciplinaire du fait que l'utilisation des couleurs et des peintures, exigent une étude de base historico-artistique à la fois constructive des techniques traditionnelles d'exécution, traduite par l'analyse architecturale afin d'en comprendre les caractéristiques spécifiques: rapport des dimensions, modules, typologie architecturale, valeurs spatiales, ainsi que le repérage des parties originelles des transformations postérieures. *Un relevé correct digne d'un support (documents) de base d'une intervention devra s'effectuer en plusieurs phases utilisant les trois méthodes de relevé graphique à savoir :

Le relevé manuel, le relevé instrumental ou topographique et le relevé photogrammétrique.

- *Relevé manuel* : consiste à prendre des mesures en utilisant les instruments de mesure classique : décamètre, niveau à eau, jalons d'alignement, fil à plomb, boussole...etc. Il sera dessiner en (croquis de tous les plans, les coupes et les élévations de la construction sur lesquelles seront reportées les dimensions et des indications descriptives, des commentaires ou des remarques prises sur chantier appelées minute de chantier;
- *Dessin graphique* : développement du croquis, en dessin technique à échelle, on indiquera l'orientation le nord, la localisation, la date du relevé et son auteur ;
- *Relevé topographique* : consiste à utiliser des instruments de mesure optique pour le relevé des points inaccessibles pour complément de vérification du relevé manuel ;
- *Relevé photogrammétrique* : documentation photographique illustrant l'état des lieux au moment du relevé, donnant plusieurs informations sur la volumétrie de l'édifice ainsi que les détails, les couleurs et les matériaux utilisés, sur l'état du bâti reporté sur papier à l'aide de la photographie. Contrairement aux plans et aux élévations du relevé graphique qui cache beaucoup de connaissances. Utilisé aussi dans le cas de points inaccessibles. [51]

II.1.2.2.3.4. Domaine constructif :

Consiste en la reconnaissance de tous les éléments structuraux et constructifs du bâtiment et l'observation de ses lésions. La sécurité structurelle du bâtiment pourra être évaluée par une connaissance du sous-sol nécessitant une étude géotechnique, et l'analyse de la cohérence structurelle de l'ensemble, la capacité de résistance de la structure en vérifiant la connectivité du bâtiment (état et position) avec les infrastructures de base (réseaux d'assainissement, d'eau potable, d'électricité...).

La reconnaissance des éléments constituant le bâtiment, les désordres les affectant ainsi que l'observation des lésions y résultant, ne pourra s'effectuer qu'à travers l'inspection et le relevé des désordres, le relevé des matériaux et les techniques de mises en œuvre utilisées, le relevé des installations existantes et des abords de la construction. [51]

II .1.2.2.3.5. Inspection des désordres :

L'inspection visuelle s'effectue, pour déceler l'origine du désordre de par sa forme, la nature des déformations et leurs évolutions. L'inspection systématique des éléments constituant la construction sera effectuée du général vers le détail. Il arrive qu'elle ne

Suffise pas et donc une assimilation d'instrument de mesure précise sera nécessaire. L'inspection s'effectuera essentiellement sur les : [51]

1. installations nouvelles et leurs impacts sur le support (réseau électrique et sanitaire, nouveau matériau de construction, antennes et paraboles) ;
2. façades afin de déterminer les caractéristiques constructives des différentes étapes de sa construction ainsi que leurs influences sur la conservation et la stabilité de la structure ancienne ;
3. propriétés des matériaux constitutifs, leur dimensionnement, leur mode d'appareillage et leur mise en œuvre ;
4. couvertures, système constructif (plancher en bois, voute, charpentes en bois...), l'état des canalisations, des évacuations des eaux pluviales et des eaux usées, on vérifiera leur inclinaison, leur raccordement au réseau public ainsi que leur capacité ;
5. conditions de confort à l'intérieur de la maison, hygrométrie, thermique et acoustique. [51]

II .1.2.2.3.6. Relevé des désordres :

Consiste à réaliser une cartographie précise des désordres apparents tels (fissure et humidité), affectant les murs porteurs et les planchers à travers un examen attentif au niveau de la façade. Cette étude permet de préciser et localiser les lésions (direction, profondeur, causes à l'origine), les aplombs ou gonflement des murs, le degré des salissures (salpêtre ou cloquage de l'enduit) indiquant une présence d'humidité, leurs sens et dimension, le degré d'altération et l'état de conservations de la construction et de stabilité au moment du relevé sera donnée avec précision grâce à la récolte de ces données. [51]

I.2.2.3.7. Relevé des matériaux et techniques de mises en œuvre :

Permet de révéler les pathologies affectant les matériaux constitutifs en définissant leur nature, leur dimension, leur propriétés physiques, chimiques et mécaniques, leur état de conservation et leur degré d'altération, les causes de leur altération: (climat, pollution, mouvement sismique, gel-dégel, action de l'eau, mouvement du sol...) et découvrir les différentes interventions: (entretien ou réhabilitation antérieure au cour desquels ont été utilisé d'autres matériaux sans connaissances au préalable de leur compatibilité chimique ou physique avec les matériaux d'origine). [51]

II .1.2.2.3.8. Relevé des différentes installations :

Il consiste à relever les installations existantes dans la construction, (eau, gaz, électricités) et identifier les rajouts, par rapport aux besoins de confort, mais surtout d'en définir l'incidence sur sa stabilité et son esthétique, ainsi que sa carence en matière d'installations d'équipements (inexistence ou la défaillance du réseau d'assainissement). [51]

II .1.2.2.3.9. Relevé des abords de la construction :

Permet de détecter l'origine de certains désordres, causés par l'environnement extérieur telle que l'eau de mer, la pollution de l'air, les pluies acides, fumée d'usine, humidité, concentration des sels, vibrations et bruits (réseaux routiers, aéroports, et chemin de fer [51]

II .1.2.2.4. Diagnostic (synthèse) :

Etape tributaire d'un travail, basé sur des études pluridisciplinaires. Ordonner l'information est une étape primordiale en la fixant graphiquement sur le relevé géométrique complet du bâtiment qui sera complété par un relevé structurel qui permettra de noter les techniques constructives, les particularités et les désordres. Au cours de ses phases de relevé, on effectue des sondages, qui permettront de connaître la structure des planchers, l'état de leurs appuis, l'amplitude des déformations avec ou sans désordres, le dessin des fissures.

Cet examen attentif permettra d'identifier des états architecturaux antérieurs, en particulier les surélévations et les modifications des percements.

Ces informations permettront de constituer trois types de cartes :

- ✓ la carte des valeurs où l'on notera les valeurs spatiales, de couleur, historiques, artistiques de chaque partie ou de l'ensemble du bâtiment ;
- ✓ la carte des déficits où l'on notera la problématique sociale, les prestations du bâtiment, les lésions et les dégradations ;
- ✓ la carte des usages précédents et/ou existants sur laquelle on portera la manière dont il est ou a été utilisé le bâtiment avant l'intervention. [51]

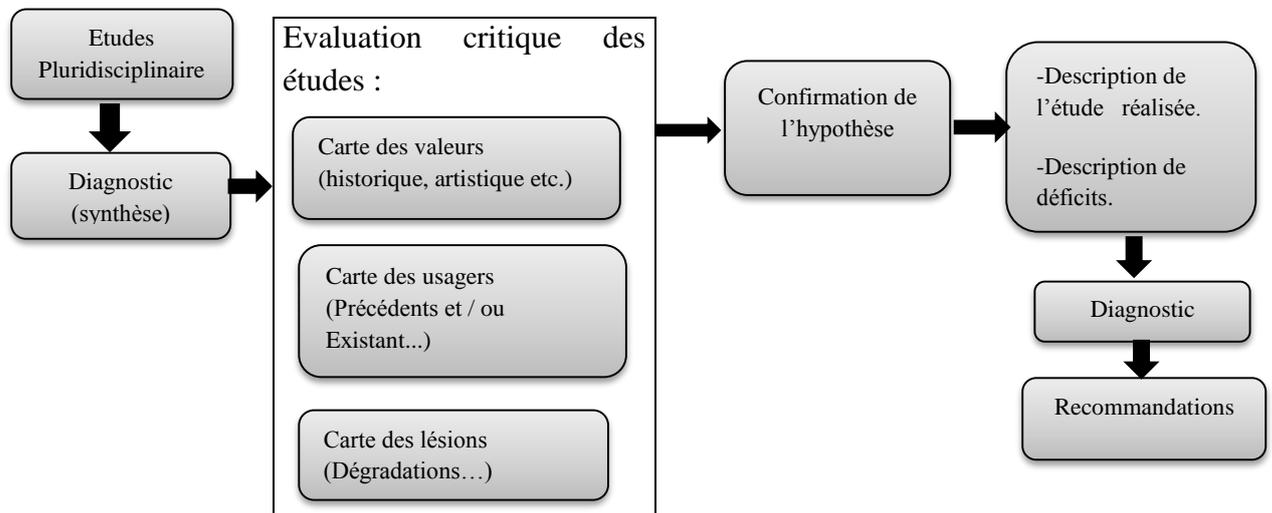


Schéma 4 : Schéma récapitulatif de la phase du diagnostic [51]

II.2. Pratiques d'interventions inhérentes à la préservation :

Les solutions proposées dans une opération de réhabilitation, selon la gravité des dégâts observés, et après une étape de diagnostic peut connaître quatre niveaux d'intervention aussi importante l'une que l'autre. La réhabilitation légère, moyenne, lourde et exceptionnelle. [51]

A. La réhabilitation légère :

C'est une intervention sur des habitations assez bien conservées en vue d'en améliorer ou de doter cette dernière de nouveaux équipements, comme l'installation d'équipements sanitaire y compris les canalisations, d'électricité, la remise en état des peintures accompagnant ces agencements, elle ne concerne pas les interventions sur les parties communes de l'habitation ou l'installation de chauffage centrale. Afin d'éviter le déplacement éventuelle des habitats. [51]

B. La réhabilitation moyenne :

C'est une opération s'appliquant sur des habitations dont la structure porteuse ne présente pas de défaillances particulières. Elle vise à la doté de nouveaux équipements et/ou installations s'accompagnant de travaux, comme la réfection des peintures et des systèmes électriques, l'installation de systèmes de climatisation et de chauffage, qui généralement n'induisent pas de grand remaniement à l'intérieur du logement par la modification de cloisonnement contrairement à la réhabilitation légère, elle peut comprendre une intervention induisant de léger travaux sur les parties commune de l'habitation tels que la remise à neuf des peintures de la cage d'escalier et le ravalement de la façade sans reprise de toiture. [51]

C. La réhabilitation lourde :

C'est une opération qui en plus des travaux cités précédemment comprend une redistribution des logements par étage et/ou des pièces dans le logement ; l'intervention sur les parties communes de l'habitation est plus complète elle comporte en plus du ravalement des façades la réfection des toitures. Ce sont des travaux qui touchent le gros œuvre induisant des reprises de maçonnerie, de charpente et parfois de plancher. [51]

D. La réhabilitation exceptionnelle :

C'est une opération d'intervention très lourde et très délicate, elle nécessite le déplacement des occupants en vue de remettre en état un bâti présentant un degré d'altération très important comprenant le renforcement des structures ou leurs remplacements si le besoin est par endroit (cage d'escalier, toiture; étanchéité,) il arrive que cette dernière aille jusqu'à la reprise de structure porteuse de l'habitation si la stabilité de cette dernière s'avère atteinte en profondeur. [51]

II.3. Mise en œuvre du projet de traitement et de restauration.**II.4. Suivi, protection et maintenance.**

Cas d'études :

✓ **la genèse du projet :**

Le choix du projet se basait essentiellement sur le principe de la création d'un mode vie pour les habitants de ses maisons

Tout en préservant les valeurs patrimoniales de l'objet d'étude pour garder l'identité Du monument, et en même temps, lui donner une mode de vie

✓ **Situation de l'objet d'étude :**

les maisons situent dans le quartier " Juifs ", (le quartier moudjahidine) situé dans le sud-est de ksar Ghardaïa, qui a été créé comme une extension du ksar.

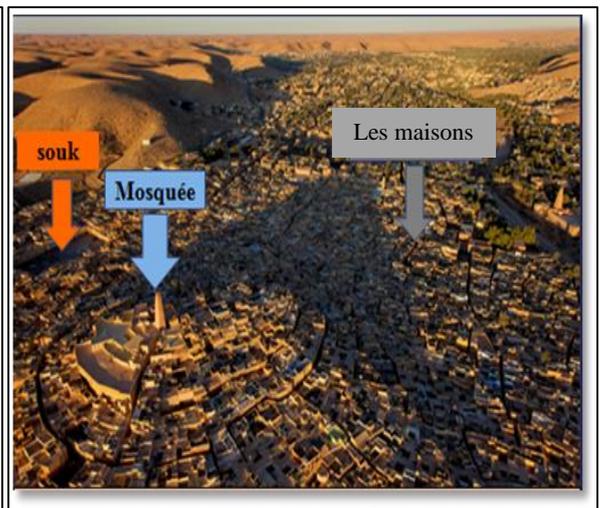
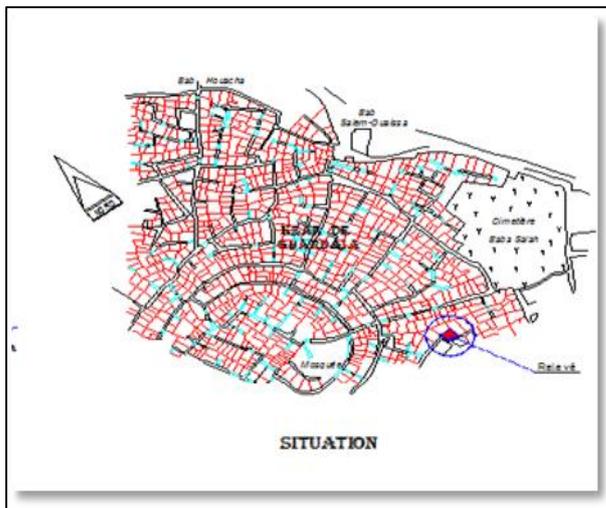


Figure104 : présente la situation de projet

Figure105 : présente la situation de projet

✓ **Introduction de la partie :**

Dans cette partie, Pour mener à bien cette étude et des sorties sur terrain ont été effectué, la prise des photos, la consultation des documents graphiques et écrites, le contact avec les guides de Ksar ainsi les architectes de l'OPVM nous permet de faire ressortir les différents pathologies qui menace notre cas d'études qui ont joué un rôle principal ou secondaire dans les problèmes de dégradations des maisons. Nous avons aussi de proposer des solutions efficaces et apportées aux pathologies qui convient par des opérations techniques et pratiques pour faire une intervention adéquate.

✓ **L'état général d'édifié Etat général du bâtiment :**

A l'extérieur de la construction on retrouve : corrosion de la peinture et peinture sur les façades. Ainsi que de grosses fissures qui peuvent présenter un risque de détérioration.

A l'intérieur, les pièces sont dans un état physique acceptable, à l'exception du plafond effondré, dans la cuisine avec la dégradation du plafond. Il a également été noté que le bâtiment

est dans un état de dégradation et cela se voit davantage au niveau du système de drainage et d'évacuation des eaux pluviales

✓ **Les mesures d'urgence :**

Pour éviter les chocs de chantier

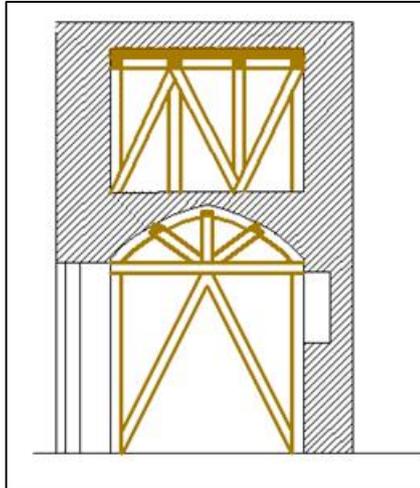


Figure 106 : étalement de fenêtre

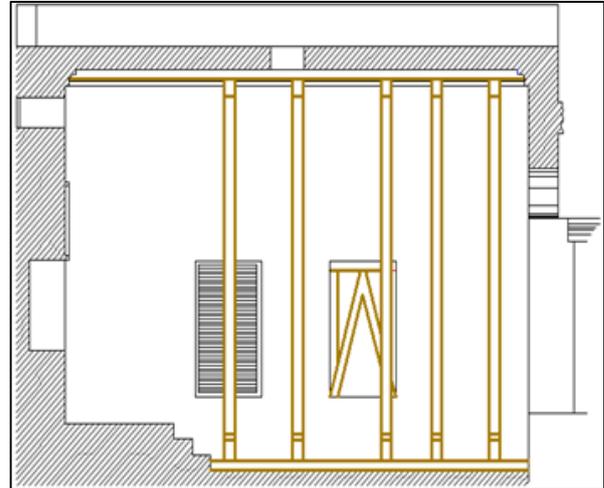


Figure 107 : étalement de plancher

Relevée désordre (maison 01 et 02) :

Les pathologies de façade :



Figure 108 : dégradation de façade de « maison1 » [20]



Figure 109 : remontée capillaire au niveau de mur de la façade « maison 1 » [20]



Figure 110 : dégradation de façade de « maison2 » [20]

Les pathologies :

- **Fissure** : aux niveaux de mur de façade la photo montre une fissure oblique et commence de la pâtre supérieure du mur jusqu'à la base de fenêtre.
- **dégradation de l'enduit.**

Les causes :

- l'absence totale de canalisations des eaux pluviale l'humidité

Les pathologies :

- dégradation de mur
- cristallisation des sels sur la surface

Les causes :

- la remontée capillaire
- excessive d'humidité

Les solutions :

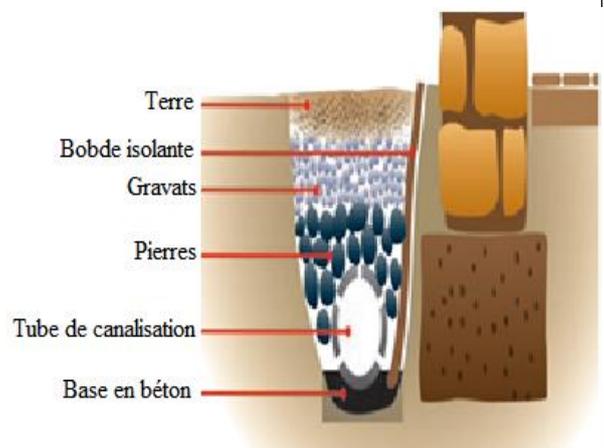




Figure 111 : cristallisation des sels sur la surface « maison 1 » [20]



Figure 212 : remontée capillaire et fissure de « maison2 » [20]

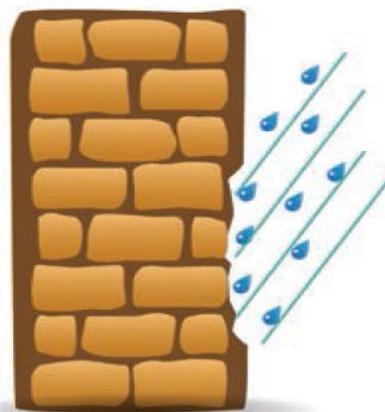
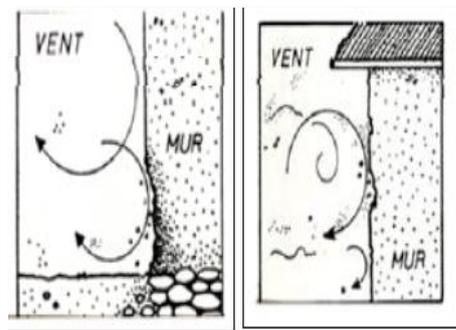
Les pathologies :

- dégradation de mur
- fissure verticale dans maison 2

Les causes :

- sous l'action de vent le vent chargé de petites particules telles que la poussière et le sable et l'eau de pluie.
- Absence de joint de dilatation dans maison 2

Traitement de façade :



Traitement de façade : [44]



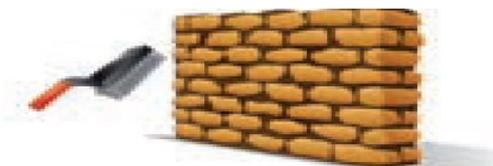
↓ *Figure 113 : revêtement délabré*



↓ *Figure 114 : Décapage*



↓ *Figure 115 : Nettoyage des joints*



↓ *Figure 116 : Nettoyer à l'aide de brosse dure*

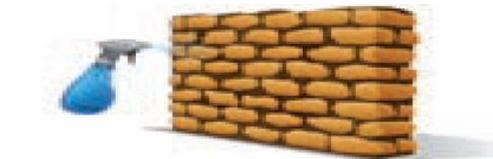


Figure 117 : Aspersión avec de l'eau

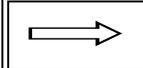


Figure 122 : Revêtement parfait



Figure 121 : Traitement de la surface à l'aide d'un régime de datte



Figure 120 : Revêtement final



Figure 119 : Revêtement primaire

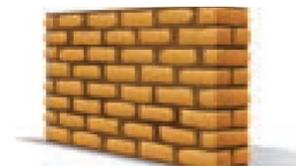


Figure 118 : Remplissage des joints

Les pathologies de toiture :



Figure 123 : fissurations démarrant à la hauteur de la toiture, « maison 1 » [20]



Figure 124 : dégradation de toiture de « Maison 1 » [20]

Les désordres dans le plancher :



Figure 125 : Corrosion des aciers Sur le plancher de « maison 1 » [20]

Les pathologie :

- Effondrement de toiture
- La fissuration de toiture
- Détachement de revêtement

Les causes :

- La rigidité en acier
- l'action de vent provoque une érosion du matériau créant un amincissement de la couche de terre
- Sous l'action de la température entre le jour et la nuit.
- Des infiltrations de l'eau

SOLLUTION :

- 1)
 - Réduire l'enrobage à la limite admissible
 - Remplissage des vides et renforcement des parties fissurées par injection de mortier de chaux
- 2)
 - Décapage d'enduit
 - Nettoyage
 - Chainage

Les pathologie :

- La présence de moisissures (champignons) et les insectes
- Corrosion des aciers
- Dégradation des enduits de plâtre des plafonds
- d'écoulement des enduite

Les causes :

- Sous l'action de la température entre le jour et la nuit.
- Vieillessement de bâti
- manque d'aération et humidité.

Solutions :

Le cas de remonté capillaire :

- Nettoyage manuel de la couche de rouille en utilisant une brosse de fer
- Couvrir toute la surface du fer avec une couche de protection à base d'oxyde de zinc à l'aide d'une brosse

Le cas de La présence de champignons :

- Trouver la source d'humidité et la supprimer
- Eliminer les champignons par brossage humide puis rincer
- Appliquer un nouvel enduit de chaux et peinture



Figure 126 : Fissure : -au niveau de plafond de « maison 1 » [20]

Les pathologies :

• **Fissure : -au niveau de plafond** la photo montre des fissures aléatoires

• **d'écoulement des enduite**

Les causes :

• les charges de compression, charges ponctuelles ou par manque de rigidité des éléments collaborant.

-Impact des tassements du mur fondation (l'apparition de fissures dans le mur et le plafond).

- Vieillessement de bâti.
- manque d'aération et humidité.

Solutions :

- Nettoyage de surface et de fissures
- Appliquer plusieurs couches de plâtre sur les fissures dans différentes directions
- Posé d'une bande de calicot
- Appliquer un nouvel enduit
- Suivi les fissure

Les désordres à l'intérieur de maison :



Figure 127 : fissure oblique de maison1 [20]



Figure 128 : détachement de revêtement et fissure oblique de maison1 [20]

Les pathologie :

- **Détachement de revêtement**
- **Fissure : -au niveau de mur la photo montre une fissure oblique**

Les causes :

*les charges de compression, charges ponctuelles ou par manque de rigidité des éléments collaborant.

-Impact des tassements du mur fondation (l'apparition de fissures dans le mur et le plafond).

- Vieillesse de bâti
- Instabilité de fondations
- manque d'aération et humidité.

Les solutions :

Traitement des fissures oblique par la technique d'injection :

- Mesurer la profondeur des fissures et déterminer leur largeur
- Ouverture des fissures sous la forme de la lettre V
- Retirer les pièces détachées, nettoyer les fissures à l'air comprimé et les humidifier
- Remplissage des fissures avec un mortier

Traitement des fissures oblique par la technique des agrafes :

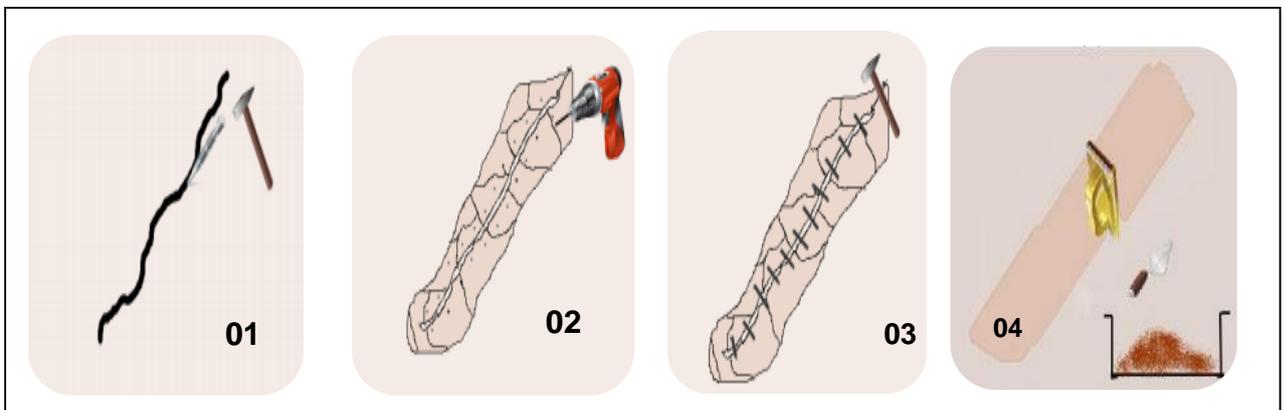




Figure 129 : Dégradation des escaliers de « Maison 1 » [20]

Les pathologies :

- Dégradation des escaliers
- Dégradation de mur

Les causes :

- exploitation intense d'escalier.
- Vieillesse de bâti
- L'incompatibilité des matériaux

Solution :

- Enlever les pierres instables et nettoyer les surfaces dégagées à l'aide d'une brosse
- La reconstruction des murs démolés avec la même manière et la même nature des pierres
- préparer un mortier de chaux plus ciment pour assembler les pierres.
- mise en place d'un enduit classique
- conservant les techniques de finition traditionnelles



Figure 130 : Dégradation de mur de « maison 1 » [20]

Les pathologies :

- Dégradation des matériaux
- Détachement de revêtement
- Eclatement et cloquage de l'enduit

Les causes :

- Vieillesse de bâti
- L'incompatibilité des matériaux
- Transportés par les eaux infiltrées à l'intérieur de la maçonnerie, les sels solubles traversent les pores des pierres ou de l'enduit et se cristallisent à la surface après évaporation de l'eau.
- Des infiltrations de l'eau
- la remontée capillaire
- l'humidité

Solutions :

Le cas de remonté capillaire :

- Nettoyage manuel de la couche de rouille en utilisant une brosse de fer
- Couvrir toute la surface de

Fer avec une couche de protection à base d'oxyde de zinc à l'aide d'une brosse

- Appliquer un nouvel enduit

Le cas d'Eclatement et cloquage de l'enduit

- dépoussiérer et humidification du support
- Appliqué un nouvel enduit
- mettre à niveau les surfaces nouvelles au même niveau que

Surface ancienne.

Les pathologies de toiture :



Figure 131 : fissurations de toiture de maison2. [20]

Les pathologie :

- **Effondrement de toiture**
- **La fissuration de toiture**

Les causes :

- l'action de vent provoque une érosion du matériau créant un amincissement de la couche de terre
- les conditions climatiques exceptionnelles
- les vices de construction
- une mauvaise étanchéité



Figure132 : effondrement de toiture de maison2 [20]

Solutions :

- Effectuer les vérifications nécessaires
- Nettoyer la zone de toit endommagée des fissures de la poussière ou de l'humidité
- Traiter l'étanchéité du toit
- Enlèvement des dégâts de drainage des eaux de pluie
- Chainage
- Appliquer un nouvel enduit de chaux et peinture

Les désordres dans le plancher :



Figure 133 : présence de moisissures (champignons) et les insectes de « maison 2 »



Figure 134 : dégradation de plancher de « maison 2 » [20]

Les pathologie :

- La présence de moisissures (champignons) et les insectes
- remonté capillaire :
- Dégradation des enduits de plâtre des plafonds
- d'écoulement des enduite

Les causes :

- les conditions climatiques exceptionnelles
- une mauvaise étanchéité
- Vieillessement de bâti
- manque d'aération et humidité
- L'incompatibilité des matériaux
- Absence de chaînage dans le 2^{ème} cas

Solutions :

Le cas de La présence de champignons :

- Trouver la source d'humidité et la supprimer
- Eliminer les champignons par brossage humide puis rincer
- Appliquer un nouvel enduit de chaux et peinture

Le cas de remonté capillaire :

- Nettoyage manuel de la couche de rouille en utilisant une brosse de fer
- Couvrir toute la surface du fer avec une couche de protection à base d'oxyde de zinc à l'aide d'une brosse

Traitement de l'absence de chaînage :

- Appliquer une ceinture en béton armé au niveau des plancher pour évitent que les murs ne s'écartent.
- Démolition et reconstruction



Figure 135 : fissure horizontale au niveau de plafond de « maison2 [20]

Les pathologies :

- Fissure : -au niveau de plafond la photo montre une fissure horizontale
- d'écoulement des enduits

Les causes :

- les charges de compression, charges ponctuelles ou par manque de rigidité des éléments collaborant.
- Impact des tassements du mur fondation (l'apparition de fissures dans le mur et le plafond).
- Vieillesse de bâti
- manque d'aération et humidité.

Solutions :

- Élargissez les fissures avec une profondeur et une largeur appropriées
- nettoyez les fissures avec de l'air comprimé et humidifiez-les avec de l'eau
- essuyez la surface avec une couche de mortier de ciment époxy
- remplissez les fissures avec un mortier de ciment polymère renforcé de fibres
- Appliquez un nouvel enduit de chaux et peinture

Les désordres à l'intérieur de maison :



Figure 136 : détachement de revêtement à l'intérieur de « maison2 » [20]

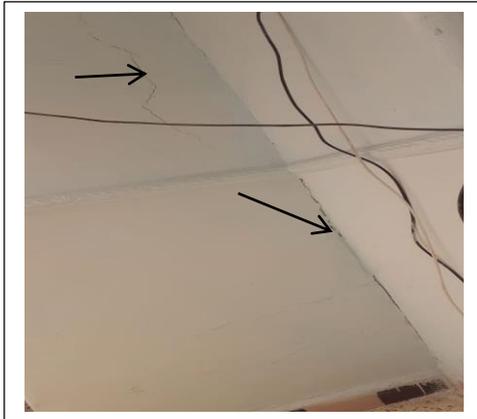


Figure 137 : Fissures horizontale séparant les murs de « maison2 » [20]

Les pathologie :

- **Détachement de revêtement**
- **Fissures horizontale séparant les murs**

Les causes :

➤ **Cas 01**

- Vieillessement de bâti
- manque d'aération et humidité.
- la remontée capillaire

➤ **Cas 02**

- La faiblesse de la liaison entre les murs
- les charges de compression, charges ponctuelles ou par manque de rigidité des éléments collaborant.
- Impact des tassements du mur fondation (l'apparition de fissures dans le mur et le plafond).

Les solutions :

Le cas de fissures sans décollement

- badigeon au lait de chaux ou coulis de terre

Solution :

Le cas de fissures verticales :

- Élargissez les fissures avec une profondeur et une largeur appropriées
- nettoyez les fissures avec de l'air comprimé et humidifiez-les avec de l'eau
- essuyez la surface avec une couche de mortier de ciment époxy
- remplissez les fissures avec un mortier de ciment polymère renforcé de fibres

Appliquer un nouvel enduit de chaux

Le cas de remonté capillaire et détachement d'enduit :

- Nettoyage manuel de la couche de rouille en utilisant une brosse de fer
- Couvrir toute la surface du fer avec une couche de protection à base d'oxyde de zinc à l'aide d'une brosse
- Appliquer un nouvel enduit de chaux et peinture



Figure 138 : Revêtement à l'escalier en marbre abimé [20]

Les pathologie :

- **Dégradation des escaliers**
- **Dégradation de mur**

Les causes :

- exploitation intense d'escalier.
- Vieillessement de bâti

Solution :

Pour dégradation des escaliers :

- Enlever l'ancienne couche de marbre de l'escalier qui se détériore de la maison et la remplacer par du nouveau marbre ou carrelage.

Pour dégradation de mur :

- Décaper le plâtre au niveau de la zone humide et des bords
- Nettoyer la zone de la poussière
- Préparez le plâtre et appliquez-le sur le mur avec une truelle ou une lame
- Appliquer l'enduit à l'aide d'une brosse large en 2 couches croisées
- repeindre

Remarque :

Lorsque nous avons visité l'une des maisons à étudier, notre attention a été attirée sur l'état de la maison d'en face, où nous avons remarqué la différence et le mélange des matériaux de construction et la multiplicité des étages, nous avons donc essayé de proposer des solutions pour éviter qu'elle ne s'effondre , sa renforcement et sa durabilité



Figure 139 : danger d'effondrement [20]

Les pathologies :

- La surcharge
- danger d'effondrement

Les causes :

- Augmentation de la charge sur la fondation (construction de nouveaux planchers)
- Manque de renforcement des fondations
- L'incompatibilité et les différents matériaux de construction

Solutions :

- Plantation de deux piliers en béton armé face à face au niveau de la longueur du bâtiment pour renforcer les fondations du danger d'effondrement
- Améliorer la capacité portante du sol par injection ou jet grouting ou augmenter la profondeur de la fondation....

Conclusion de chapitre :

A travers ce chapitre, nous avons abordé la méthodologie de réhabilitation des bâtiments anciens et d'identification des moyens de les préserver en étudiant deux cas dégradés dans le quartier des moudjahidines. Nous avons essayé de diagnostiquer un maximum de maladies, de connaître leurs causes, et de proposer des solutions efficaces afin de favoriser une réhabilitation appropriée et respectueuse du point de vue de ses caractéristiques architecturales et esthétiques et patrimoniales.

Nous avons aussi parfois besoin d'utiliser des techniques pour augmenter la force de la résistance représentée dans les interventions légères ou lourdes (poteaux et poutres).

Conclusion générale

Conclusion générale :

A travers nos recherches, nous avons voulu pénétrer dans le domaine du génie civil, car c'est un domaine large, profond et complexe dans la mesure où il motive les étudiants à acquérir des connaissances techniques qui incluent une mesure de connaissances intellectuelles et scientifiques et se concentre sur l'aspect de formation, qui est une base et un moyen important de réalisation et d'accès à une vie professionnelle.

Les recherches que nous avons menées nous ont permis de comprendre et d'approfondir notre connaissance des problèmes pouvant survenir de l'ouvrage après sa construction et de connaître un ensemble de solutions et de méthodes préventives favorables à la pérennité de l'ouvrage. Nous un élément positif et significativement enrichissant qui prend sa vraie dimension dans un contexte universitaire supplémentaire.

- Notre connaissance des problématiques des travaux de génie civil qui entravent son bon déroulement.

-L'importance de la formation des étudiants est très importante.

-Le travail de groupe et la discussion sur des sujets dans le domaine du génie civil augmentent les connaissances scientifiques.

Le point qui nous paraît fondamental se situe au niveau éditorial : la compilation et le traitement d'une masse de documents conduit à la mise en place d'un travail systématique qui reste l'étape la plus difficile de ce rapport.

Nous avons également conclu que le diagnostic n'est pas pris avec une simple vision superficielle jusqu'à ce que l'ingénieur fasse une bonne étude pour trouver la cause principale, l'identifier, puis la traiter, et qu'il ait acquis de l'expérience.

Nous avons également conclu que les entretiens personnels avec des experts du domaine, des techniciens et des responsables de l'ingénierie sont parmi les meilleures références importantes pour la préparation de ce mémoire, et plus encore comme base intellectuelle et professionnelle sur le terrain et le matériel étudié pour le chercheur.

Et on dit à la fin :

La question de la réadaptation est l'un des sujets qui n'a pas été étudié dans notre université et est la première nouvelle étude, c'est pourquoi nous avons rencontré des difficultés par manque de sources et de références, et il faut suffisamment de temps pour mener à bien ce travail, nous vous demander de prendre en compte certaines lacunes.

Nous vous recommandons d'embaucher des ingénieurs spécialisés dans la restauration

Réaliser de nombreuses études et recherches sur les méthodes de diagnostic et évaluer les installations dégradées et les prendre en considération, et il est préférable que la restauration des structures ne s'écarte pas du caractère architectural établi.

De plus, nous espérons qu'il y aura un cours de pathologie au Département de Génie Civil de l'Université de Ghardaïa et que des références seront fournies pour ce sujet.

Référence Bibliographies

Références Bibliographiques :

- [1] M.Meguenni A.Bekhaled « Mémoire de réhabilitation d'un ancien bâti industriel R+3 (Ain Timouchent) » Université aboubeker Belkaid, Tlemcen 02 /07/2012. [Consulté le \(2021.05.05\)](#)
- [2] السيد عبد الفتاح القسبي (كتاب ترميم المنشآت الخرسانية* دار الكتب العلمية -القاهرة-2009
- [3] S.khobizi « Mémoire de master la réhabilitation des structures en béton armé », Université 08 Mai 1945 de Guelma, Juin 2017. [Consulté le \(2021.05.10\)](#)
- [4] <https://fr.slideshare.net> › Saamysaami › affichage-habitat , [Consulté le \(2021.06.05\)](#)
- [5] <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/habitat/38777>, [Consulté le \(2021.06.05\)](#)
- [6] <http://thesis.univ-biskra.dz> › CH 6_ Caractéristiques de l'architecture coloniale et typologie d'habitat (p145), [Consulté le \(2021.06.15\)](#)
- [7] <https://www.connaissancedesarts.com/monuments-patrimoine> 13.01.2020, [Consulté le \(2021.05.13\)](#)
- [8]http://cdha.fr/sites/default/files/kcfinder/files/Club_Kabylie/La_maison_kabyle_CG_090314.pdf , [Consulté le \(2021.07.05\)](#)
- [9] <https://www.maghrebvoices.com/2018/10/26/>-شرفات-غوفي-روانع-بيوت-الأمازيغ-في-جبال-الجزائر, [Consulté le \(2021.16.05\)](#)
- [10] Articles - L'habitation opvm.dz« Le secteur sauvegardé de la vallée du m'zab » , [Consulté le \(2021.07.05\)](#)
- [11] <https://www.pinterest.com> , [Consulté le \(2021.06.07\)](#)
- [12] 2012 - 10 - 16 زميحي نشر في المساء يوم , <https://www.djazairess.com/elmassa/64977> , مترجم بالفرنسية , [consulté le \(2021.08.12\)](#)
- [13] mémoire L'évolution typologique de la maison traditionnelle de la vallée du m'Zab Auteur : Oumia BELOUCIF Sara FARTAS / 13 juillet 2019, [Consulté le \(2021.05.10\)](#)
- [14] Magister en Architecture. Les ambiances de la maison kabyle traditionnelle, Zidelmal Nadia ép. Remas docplayer.fr. Année 01/07/2012, [Consulté le \(2021.05.12\)](#)
- [15] <http://quintessences.unblog.fr/2014/08/25/la-maison-aurasienne-ou-lhabitat-traditionnel-chaoui/>, [Consulté le \(2021.06.20\)](#)

- [16] <https://www.alamyimages.fr/photos-images/touareg-house.html>, Consulté le(2021.06.09)
- [17] Wilaya de Ghardaïa — Wikipédia fr.wikipedia.org, Consulté le (2021.06.03)
- [18] brochure « Le secteur sauvegardé de la vallée du m'zab » p : 03, Consulté le (2021.05.07)
- [19] <https://www.petitfute.com/v41829-ghardaia/guide-touristique> (le minaret de ksar Ghardaïa), Consulté le(2021.06.15)
- [20] AUTEUR, Consulté le (2021.05.05)
- [21]http://www.opvm.dz/10_Articles/15_Le_secteur_sauvegardé/83_Ksar_de_GHARDAIA « Le secteur sauvegardé de la vallée du m'zab », Consulté le (2021.05.012)
- [22] http://www.opvm.dz/10_Articles/14_Les_éléments_structurant_l'espace_urbain/61_Les_palmeraies/d« Le secteur sauvegardé de la vallée du m'zab », Consulté le (2021.05.12)
- [23] <http://quintessences.unblog.fr/2014/02/11/taddart-ou-la-maison-traditionnelle-du-mzab/>, consulté le (2021.06.28)
- [24] <https://www.atmzab.net/index.php>, consulté le (2021.06.03)
- [25] <https://journals.openedition.org/mediterranee/12420?lang=fr>, consulté le (2021.05.08)
- [26] <https://b-nour.jimdofree.com/la-maison-traditionnelle-mozabite/>, consulté le (2021.05.12)
- [27] brochure de l'habitat traditionnel « dans le secteur sauvegarde de la vallée du M'Zab », (Lalout Bahmed,et al ;2019), Consulté le (2021.05.06)
- [28] brochure de l'architecture en terre « dans le secteur sauvegarde de la vallée du M'Zab », (baba nadjer younes et Noureddine bouaroua, ,2010), consulté le (2021.05.15)
- [29] Brochure de matériaux de construction et restauration la chaux) « dans le secteur sauvegarde de la vallée du M'Zab », (Noureddine bouaroua,et al ;2012), consulté (2021.05.04)
- [30] <https://www.acoeurdechaux.com/pourquoi-la-chaux/>© 2018 (cycle de chaux), consulté le (2021.06.21)
- [31] <https://espritdepays.com/patrimoines-en-perigord/patrimoine-bati-du-perigord/cabanes-en-pierre-seche-perigord/les-murets-en-pierre-seche> , consulté le (2021.08.05)

- [32] brochure de construction en pierre de m'Zab, « Le secteur sauvegardé de la vallée Du M'Zab », (Noureddine Bouaroua, et al ; 2012), Consulté (2021.05.22)
- [33] <https://bricobistro.com/les-fondations-traditionnelles/> , consulté le (2021.07.15)
- [34] T. Boulerbah, Mémoire Présenté pour l'obtention du diplôme de Magister en architecture « L'amélioration du confort thermique de l'habitat traditionnel par l'adaptation d'un matériau de haute performance et le traitement de l'espace patio. Cas d'étude secteur sauvegardé de la ville de Laghouat », Université Mohamed Khider, Biskra Année 2019. Consulté le (07/07/2021).
- [35] Diagnostic et traitement des pathologies sur des ouvrages en génie civil , Andrea-Konstantinovich Bénin - Licence professionnelle en génie civil 2011- consulté le (2021.06.12)
- [36] <https://jardinage.lemonde.fr/dossier-2690-fissures-mur.html> . consulté le (2021/06/19).
- [37] [https://www.expertise-lamy.fr/fiches-conseils/caracteristiques-fissure facade.html](https://www.expertise-lamy.fr/fiches-conseils/caracteristiques-fissure-facade.html), consulté le (2021.06.19)
- [38] <https://www.toupret.com/enduit-particuliers/fiche-travaux/comment-reparer-une-fissure-exterieure.html> consulté le (2021.08.25)
- [39] <https://www.leroymerlin.fr/campus/gros-oeuvre/reparer-les-fissures-sur-les-murs-interieurs.html>, consulté le (2021.07.06)
- [40] <https://www.toupret.com/enduit-particuliers/fiche-travaux/comment-reparer-une-fissure-exterieure.html> consulté le (2021.07.16)
- [41] [http : alwadiadas.blogspot.com](http://alwadiadas.blogspot.com), consulté le (2021.07.05)
- [42] <https://www.batirama.com/article/138-comment-reparer-du-beton.html>, consulté le (2021.07.05)
- [43] [http : www.strres.org](http://www.strres.org), consulté le (2021.08.05)
- [44] brochure de restauration et entretien de façade « Le secteur sauvegardé de la vallée du m'zab » (Hammou A B,et al ;2011). consulté le (2021.05.05)
- [45] <https://www.murprotec.be/fr/astuces-conseils-problemesdhumidite/facade-humide-reconnaitre-les-murs-humides>, consulté le (2021.06.02).
- [46] <https://www.abi-humidite.com> consulté le (2021.08.03)
- [47] <https://docplayer.fr/1763287-Les-desordres-de-la-facade.html> ; consulté (2021.06.27).
- [48] <https://instant-facades.fr> consulté le (2021.06.05).

[49] Kherbiche Douadi, Kemer Younes Mémoire De Master II « Etude des causes de la corrosion des bacs de stockage de pétrole », ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DES MINES ET METALLURGIE – AMAR LASKRI-ANNABA 2019-2020. [consulté le \(2021.05.15\)](#)

[50] fr.wikipedia.org, [consulté le \(2021.07.11\)](#)

[51] S. ACHAB et S. CHERNAI, Mémoire Présenté pour l'obtention du diplôme de Magister en architecture «Elaboration d'un guide technique de réhabilitation du patrimoine (Habitat de la période ottomane) », Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou Année 2012.[consulté le \(2021.06.29\)](#)

[52] <https://www.expert-ravalement.fr/les-differents-types-de-fissure-de-maison/> [\(2021.08.30\)](#)

[53] <https://www.leroymerlin.fr/campus/isolation-et-etancheite/comment-reparer-une-facade-fissuree.html> [consulté le \(2021.08.30\)](#)

[54] <https://www.bricoleurdudimanche.com/forums/forums-bricolage/forum-bati-et-gros-travaux-61/reparation-fissures-traversantes.html> [consulté le \(2021.08.30\)](#)

[54] <https://www.almeida.fr/realisations/ouverture-de-murs-porteurs/murs-porteurs-011/> [consulté le \(2021.08.30\)](#).

