



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université Saad Dahleb Blida I



INSTITUTE D'ARCHITECTURE ET D'URBANISME (I.A.U)

MEMOIRE DE MASTER II

ESSAI de RESTITUTION TRIDIMENSIONNELLE de la MOSQUEE de la KALAA DES BENI HAMMAD



Elaboré par :

Mr. BOUTERAA Abdelmalek

Encadré par :

Dr. HOUGLAOUENE Dalila

Année universitaire : 2017-2018

Remerciements

DIEU merci pour m'avoir offrir l'opportunité d'accomplir ce
modeste travail .

Je tiens à remercier tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin
Je remercie vivement mon encadreur Dr **HOUGLAOUENE. Dalila**
pour les efforts qu'elle a fait pour murir ce travail

Je remercie également mon enseignante **Mme FOUFA Amina et Mr**
FOUFA Bourhane pour leurs
efforts et leur soutien.

Ainsi que tous mes enseignants qui ont assuré ma formation du
primaire jusqu'ici.

Je remercie les membres de jury qui m'ont fait l'honneur d'accepter
l'évaluation de ce travail.

Mes remerciements aussi pour tous ceux qui ont contribué à
l'accomplissement de ce manuscrit directement ou par même petit
encouragement à savoir ; mes frères, mes enfants, mes amis et toutes ma
grande famille).

Me pardonnent tous ceux que je puisse oublier.

Dédicaces

A LA MEMOIRE DE MON CHER PERE
A MA CHERE MERE QUE DIEU LA GUERIRE ET ME LA GARDE
A MA PETITE FAMILLE QUE DIEU LA PROTEGE ET LA PRESERVE
ET SPECIALEMENT A MA FEMME AMINA
A TOUS MES AMIS ET COLLEGUES
A TOUS CEUX QUE JE RESERVE AMOUR ET RESPECT.

Résumé

La Kalaa des Béni Hammad, demeure l'une des cites les plus glorieuses de notre pays. Capitale du royaume hammadide qui gouverna le Maghreb Central, durant près d'un siècle et demi, elle fut construite en un lieu jouissant d'une position stratégique privilégiée et dans une région riche en céréales et en pâturages. Siège d'une intense activité artisanale, commerciale et intellectuelle, elle attirait les commerçants et les étudiants du monde entier. Mais, la Kalaa des Béni Hammad est surtout célèbre par ses monuments : son Donjon du Manar, sa Grande Mosquée, ses magnifiques palais, ses audacieux ouvrages d'arts, auxquels s'ajoutent des objets d'une inestimable valeur mis au jour par les patients efforts des archéologues, qui font de cette cité au passé politique prestigieux, le site le plus attachant de l'Algérie médiévale.¹

La construction de la forteresse de Bani Hammad de l'an 1007 est faite par Hammad BinBelkin, qui choisit une place fortifiée pour son château et son emplacement stratégique au-dessus du mont Takerboust à une hauteur de plus de 1400 mètres, utilisa l'architecture islamique d'origine avec des décorations et des motifs reflétant l'héritage islamique à travers les siècles anciens dans toutes les localités de l'islam. La grande mosquée de la citadelle de Bani Hammad est située au sud de la montagne Takerboust. Sa conception présente plusieurs similitudes avec les mosquées de Cordoba et de Kairouan.

Cette richesse civilisationnelle originelle a influencé, et parfois a initié, le développement architectural et artistique au monde islamique à travers toutes les dynasties qui se furent succédées.

Vu cette importance qu'a reconnue l'histoire, et l'état désastreuse de ce patrimoine qui a connu peu d'attention à travers les campagnes de fouilles qui ont été dans l'ensemble infructueuses de part le nombre de monuments exhumés et l'état de conservation de ce qui a été fait.

Partant de là, je considère ce travail, qui consiste à faire la restitution numérique 3D de la grande mosquée, une participation modeste dans la chaîne de participations positive qu'il faut approfondir.

Mots Clés : M'Sila - Kalâa Beni Hammad- mosquée-patrimoine.

¹ Rachid BOUROUIBA : Les Cités disparues, ministère de l'information, Alger, 1979.

ملخص

لا تزال قلعة بني حماد من أروع المدن في بلدنا. فهي عاصمة الدولة الحمادي التي حكمت المغرب الأوسط، لما يقرب من قرن ونصف. تم تشييدها بموقع استراتيجي متميز وفي منطقة غنية بالحبوب والمراعي، لقد كانت مقر نشاط حرفي وتجاري وفكري كبير جذب التجار والطلاب من جميع أنحاء العالم. ولقد اشتهرت "قلعة بني حماد" خاصة بمعالمها الأثرية مثل "برج المنار" و مسجدها الكبير، و قصورها الرائعة، و منشآتها الفنية الخلابة، فضلا عن أشياء ذات قيمة لا تقدر بثمن و التي تم اكتشافها بالجهود القيمة لعلماء الآثار، الشيء الذي جعل من هذه المدينة، ذات الماضي السياسي المرموق، المكان الأكثر جذبا في جزائر القرون الوسطى.

قلعة بني حمادي هي جزء من الدولة الإسلامية الجزائرية وهي امتداد لدولة حماد بن بل غن، الذي حاول أن يستكمل ويؤسس الهوية الإسلامية. وعلى الرغم من أهمية هذا التراث التاريخي والإسلامي العظيم، إلا أن القلعة لم تستطع المقاومة.

قام ببناء قلعة بني حماد في 1007-1008 حماد بن بل غن، الذي اختار مكان محصن لبناء قصره بموقع الاستراتيجي على قمة تاكربوست وعلى ارتفاع أكثر من 1400 متر، استخدم في بنائه الهندسة المعمارية الإسلامية الأصيلة مع الزخارف التي تعكس التراث الإسلامي طوال القرون الماضي في كل مكان من الدول الإسلامية. يقع الجامع الكبير لقلعة بني حماد جنوب جبل تاكربوست. ولتصميمه عدة أوجه تشابه مع جامعي قرطبة والقيروان.

لقد أثرت هذه الثروة الحضارية الأصيلة، بل وحتى كانت هي بداية التطور المعماري والفني للعالم الإسلامي من الحضارات المتعاقبة فيما بعد.

نضرا لأهمية التي أكدها التاريخ، والحالة المأساوية التي يعيشها حاليا هذا التراث، الذي شهد القليل من الاهتمام من خلال أعمال التنقيب غير الكافية غير الموقفة بالنظر إلى العدد الكبير للمعالم الأثرية التي لا تزال تحت الأنقاض عنها وكذا طريقة الحفاظ على ما قد تم اكتشافه.

ومن ه ذا المنطلق، اعتبر أن هذا العمل الذي قمت به، والذي يهدف إلى إعادة التشكيل الرقمي ثلاثي الأبعاد للمسجد الكبير، مشاركة متواضعة في سلسلة المشاركات الإيجابية، التي يجب أن أعمق فيها لاحقا.

الكلمات المفتاحية : المسيلة - قلعة بني حماد -مسجد- التراث.

Abstract

The Kalaa of the Beni Hammad, remains one of the most glorious cities of our country. The capital of the hammadian kingdom that ruled the Maghreb Central, for nearly a century and a half, it was built in a place enjoying a privileged strategic position and in a region rich in cereals and pastures. It was the seat of an intense craft, commercial and intellectual activity, attracting merchants and students from all over the world. But the Kalaa des Beni Hammad is most famous for its monuments: it's Manar Donjon, its Great Mosque, its magnificent palaces, its bold works of art, as well as objects of invaluable value discovered by the patient efforts of archeologists, who make this city with prestigious political history, the most endearing site of medieval Algeria.

The construction of the fortress of Bani Hammad of 1007 was made by Hammad Bin Belkin, who chose a fortified square for his castle and its strategic location above Takerboust at a height of over 1400 meters, used the original Islamic architecture with decorations and patterns reflecting Islamic heritage throughout the ancient centuries. In all the localities of Islam. The large mosque of Bani Hammad's citadel is located south of Takerboust Mountain. Its design has several similarities with the mosques of Cordoba and Kairouan.

This original civilizational wealth influenced, and sometimes initiated, the architectural and artistic development of the Islamic world through all the successive dynasties.

In view of this importance recognized by history, and the disastrous state of this heritage which has received little attention through the excavation companies which have generally been unsuccessful due to the number of monuments exhumed and the state of conservation of what has been done.

From that point on, I consider this work, which consists in making the 3D digital restitution of the great mosque, a modest participation in the positive participation chain, which I have to deepen later.

Key words: M'sila – Qal'a of banu hammad –mosque – Heritage.

Liste des mots techniques :

1. Arc brisé : arc à deux branches concaves se rejoignant en pointe au faite.
2. Arcade : Ouverture faite d'un arc portant sur des piédroits, des piliers ou des colonnes.
3. Colonne : Terme d'architecture. Sorte de fût cylindrique avec base et chapiteau, portant un entablement.
4. Console : Terme d'architecture. Pièce en saillie, qui sert à porter des vases, des figures, ou à soutenir une corniche, un balcon. On dit aussi corbeau.
5. Coupole : La partie concave d'un dôme.
6. Gabarit : Dimension réglementaire et imposée. Modèle reproduisant en dimension réelle les contours des pièces
7. GéoRadar : (en anglais GPR pour Ground Penetrating Radar) est une technique de prospection géophysique non destructive.
8. Lanternon : Construction munie d'ouvertures parfois vitrées qui surmonte un bâtiment. Le lanterneau, qui est une lanterne fermée en haut, mais ouverte latéralement. Petit dôme placé au dessus d'un édifice ou d'une cage d'escalier »
9. Merlon : Partie d'un parapet se plaçant entre deux créneaux. Le couronnement [d'un bâtiment]
10. Moellon : Pierre de construction qui s'emploie dans les massifs de construction et dans les murs et qu'on recouvre ordinairement de plâtre ou de mortier
11. Mouquarnas : Dans l'architecture islamique, éléments en forme de stalactites ou de nids d'abeilles, destinés à l'origine à répartir les poussées des voûtes et à passer du plan carré de la salle au plan circulaire de la coupole.
12. Nefs : Partie de la mosquée, situé entre deux rangées de piliers.
13. Niche : Emplacement creux, enfoncement pratiqué dans l'épaisseur d'un mur pour y loger une statue, un objet décoratif ou un objet quelconque.
14. Pavée : Couvrir le sol (d'un édifice), une route, une rue d'un revêtement constitué d'éléments (pavés, dalles, pierres, mosaïque notamment) juxtaposés et mis à niveau.
15. Plein-cintre : Cintre décrivant un demi-cercle parfait, sans brisure;
16. Portique : Galerie couverte dont la voûte est soutenue par des colonnes ou des arcades sur au moins un côté, souvent accolée à un bâtiment et s'ouvrant sur un espace découvert.
17. Scanner numérique : Appareil électronique qui analyse par balayage un document, une surface quelconque et qui restitue les données enregistrées sous des formes

diverses. Synon. scanneur (infra rem. 1).Scanner analogique, numérique. Un appareil enregistreur, le « Scanner », placé sous un avion, « enregistre » le paysage survolé, à la manière d'une caméra

18. Voûte : Ouvrage de maçonnerie cintré, fait notamment de pierres spécialement taillées ou de béton, et servant à couvrir un espace en s'appuyant sur des murs, des piliers ou des colonnes.
19. Zelliges : art musulman. Petit morceau de brique émaillée employé dans la décoration mauresque au Maroc. Art marocain: carreaux de faïence découpés ou zelliges

Abréviations :

1. UNESCO : united nation of education, scientific and cultural organization
2. PPMVSA: plan permanent de mise en valeur et de sauvegarde des sites archéologiques

Sommaire

| | |
|--|----|
| • Introduction générale | 12 |
| • Chapitre I : Chapitre Introductif. | |
| Introduction | 15 |
| 1. Présentation de sujet | 15 |
| 2. La problématique | 17 |
| 3. Les objectifs | 18 |
| 4. Les hypothèses | 18 |
| 5. Méthodologie | 19 |
| 6. Le choix du cas d'étude | 19 |
| 7. La documentation | 20 |
| • Chapitre II : l'état de l'art. | |
| Introduction | 22 |
| I. Présentation de la wilaya de M'sila | 22 |
| II. Présentation de la commune de MAADID (kalaa des beni hammadés)..... | 23 |
| III. Présentation du site | 24 |
| 1. Situation | 24 |
| 2. Aperçue historique | 25 |
| 3. Les fouilles Exécutés Sur le Site | 26 |
| IV. Geomatique..... | 28 |
| V. Cas similaire de reconstituions en 3D..... | 31 |
| • Chapitre III : Essai de restitution tridimensionnelle virtuelle de la Mosquée . | |
| Introduction | 34 |
| I. Présentation de la mosquée de la Kalaa : | |
| 1. Situation de la Mosquée par rapport au site..... | 34 |
| 2. Historique de la Mosquée..... | 36 |
| 3. Description de la mosquée | 37 |
| II. Identification des matériaux de construction utilisés | 43 |
| III. Recherche pathologique..... | 44 |
| IV. Etude comparatif des exemples de mosquées ayant influencées ou inspirées | |
| Celle de la kalaa | 48 |
| 1. Mosquée kairaouan | 48 |
| 2. Mosquee koutoubia | 49 |

| | |
|---|----|
| 3. La Giralda de Séville | 50 |
| 4. La tour hassan de rabat | 50 |
| 5. Grande mosquee de mahdia | 50 |
| V. Analyse des éléments architectoniques, artistiques et les espaces en vue de la reconstitution | 52 |
| VI. Essai de restitution tridimensionnelle virtuelle de la mosquée..... | 60 |
| • Conclusion générale | 67 |
| • Bibliographie | 68 |
| • Etat de conservation | 69 |

Introduction générale :

«... Le patrimoine est une ressource symbolique, étroitement liée à la question de la mémoire et de l'identité, mais également une ressource économique, sous l'angle notamment touristique, la patrimonialisation représentant un mode de valorisation d'un espace désaffecté »². (Lazarotti, 2003)

L'Algérie désormais recèle un patrimoine matériel considérable, qui embrasse toutes les époques de la préhistoire à la période coloniale. Cette richesse est éparpillée sur tout le territoire, du Nord au sud et de l'Est à l'Ouest.

La région de M'Sila seule comporte pas moins de 141 sites archéologiques et historiques dont 25 préhistoriques, 92 de l'époque ancienne, 5 monuments de la période islamique à titre d'exemple, les vestiges de la kalaa des Beni Hammad qui apporte un témoignage exceptionnel sur la civilisation hammadide maintenant presque disparue. Fondée en 1007 en tant que place fortifiée, elle fut par la suite rehaussée au rang de métropole. Elle a influencé le développement de l'architecture arabe ainsi que d'autres foyers civilisateurs dont le Maghreb, l'Andalousie et la Sicile. Parmi les vestiges archéologiques de la Kalâa, la grande mosquée et son minaret ainsi qu'une série de palais qui constituent les principales ressources qui témoignent de la richesse et de l'influence de cette civilisation hammadide ensuite, la casbah des Beni Yellmane qui remonte au premier fondateur Yellmane Ben Mohamed al-Idrisi Al-Hasani, qui l'a construit au quatrième siècle hégirien, et qui précède la casbah d'Alger de plus de quarante ans, citons aussi, la ville de grottes de Si Moussa à Beni Yellmane qui est une ville romaine qui date de plus de 3700 ans, fondée sur la crête d'une montagne, notamment, la zaouia « d'Alhamel » Situé à environ 80 kilomètres au Sud, aussi la cité archéologique romain (Aras) situé dans la municipalité de Tarmonte actuellement apte à être un site touristique pour ce qu'elle contient comme vestiges romaines exhumés au cours de fouilles menées par l'architecte français Macirra, à deux reprises en 1934 et 1936 sans oublier, le Barrage surnommé « Cedd El Ksob » qui est considéré comme étant, le plus ancien et le plus grand barrage de l'époque colonial en Algérie, comportant plusieurs sortes de poissons, et constitue la première et la principale source d'irrigation dans la région.

De nos jours, le patrimoine et le développement durable sont deux notions qui présentent de fait certaines analogies, qui expriment la même volonté de mieux intégrer la dimension temporelle, et de mieux articuler le passé, le présent et le futur de notre société, dans une logique de transmission et de solidarité intergénérationnelle. De ce fait, le patrimoine peut être considéré comme une ressource non renouvelable, qu'il s'agirait de sauvegarder,

d'économiser et de valoriser. C'est pour cette raison qu'il est impératif pour l'Algérie d'en tirer profit tout en préservant son patrimoine, symbole de l'identité nationale comme il l'a été cité dans la loi (98-04).

Premier Chapitre :

CHAPITRE INTRODUCTIF.

- **Chapitre I : Chapitre Introductif.**

| | |
|----------------------------------|----|
| Introduction | 15 |
| 1. Présentation de sujet | 15 |
| 2. La problématique | 17 |
| 3. Les objectifs | 18 |
| 4. Les hypothèses | 18 |
| 5. Méthodologie | 19 |
| 6. Le choix du cas d'étude | 19 |
| 7. La documentation | 20 |

Introduction :

Au cours de ces trois dernières décennies, le développement sans précédent connu par les sciences de l'informatique en général et l'infographie 3D en particulier a donné lieu à de nombreuses applications intéressantes dans les différents domaines. À titre d'exemple : en médecine par les simulations 3D de l'organisme humain, à l'ingénierie par la prise en charge complète du projet, en commençant par la phase conceptuelle jusqu'à la livraison finale en passant par les différentes complexités techniques et formelles. Le spectre de ces applications s'est répandu considérablement et concerne désormais diverses disciplines : archéologie, aéronautique, design, divertissements, etc.

L'architecture est parmi l'une des premières disciplines ayant adopté l'infographie 3D, pour ses atouts indéniables en matière de visualisation et de conception virtuelle du bâtiment architectural. En étant le domaine de l'informatique s'occupant de la synthèse d'image par ordinateurs, l'infographie 3D a réussi à s'imposer instinctivement comme pilier irremplaçable du projet architectural et patrimonial en rendant obsolète les anciens traitements manuels de perspectives, les maquettes en bois, etc.

1. Présentation du sujet :

Pratiquée depuis l'Antiquité, la « *restitution* » des monuments détruits par les hommes ou abîmés par le temps suscite un intérêt croissant dans le monde.

Un vocabulaire à préciser où les mots ont des fortunes variables et celui de « *restitution* » connaît actuellement une vogue particulière.

Restitution architecturale : la définition du mot donnée par le Littré consiste à *rétablir dans son état premier, original, ce qui a subi des altérations*

« Action de rétablir, de remettre une chose en son premier état. Terme d'architecture : Représentation d'un monument en ruine. »²

« ARCHÉOL., ÉPIGR. *Rétablir dans son état premier, original, ce qui a subi des altérations.* »³

Reconstruction : ce terme désigne l'« *action de reconstruire un édifice, un ouvrage d'art* »⁴, sans référence à son état initial. Une reconstruction peut donc revêtir un aspect

² Dictionnaire Emile Littré , Hachette Livre - BNF, 2013.

³ Dictionnaire CNRTL, cnrtl 2012 .

complètement nouveau. Elle peut également reprendre un modèle ou un style ancien, sans toutefois s'y conformer exactement

Le dictionnaire Larousse définit la restitution comme suit :

« Action de restituer, de rendre quelque chose qu'on possède indûment : La restitution d'un bien mal acquis ; action de restituer une œuvre, un monument ; l'œuvre restituée ; Opération de reconstitution en plan ou en élévation, à l'aide d'un appareil de photogrammétrie, d'un objet ou d'un terrain pour lequel on dispose de deux photographies stéréoscopiques. Action de rétablir, de remettre une chose en son premier état. »⁵

La reconstitution, réassemblage ou le “remembrement” de tout ou partie des éléments épars d'un monument a donc un caractère concret. Elle consiste à replacer dans un ordre pertinent les éléments connus les uns par rapport aux autres. Une reconstitution peut être simplement graphique ou devenir effective et faire partie d'une opération de restauration.⁶

Notre intervention sur la grande mosquée de la kalaa des beni Hammades suit ce principe en se basant essentiellement sur les résultats des fouilles effectués préalablement sur le site.

2.1.2 Méthodes

La modélisation du patrimoine en trois dimensions n'est plus une technique nouvelle. Elle s'est développée au fil des dernières années, jusqu'à la diversification du processus en plusieurs méthodes différentes. Celles-ci divergent d'abord selon deux optiques d'approche : la restitution de vestiges disparus et la numérisation de vestiges existants.

-La restitution de vestiges disparus est fondée sur un travail comparatif et une étude exhaustive de vestiges similaires. Elle nécessite une longue phase d'acquisition des données qui reposera sur les informations disponibles sur des supports variables (textes, peintures, vestige similaire, etc.)

-La numérisation de vestiges existants est fondée sur un principe d'acquisition numérique pour des vestiges archéologiques encore existants totalement ou partiellement conservés. Il existe aujourd'hui deux types d'acquisition numérique principaux : la scannographie et la photogrammétrie.

⁴ Dictionnaire opcit.

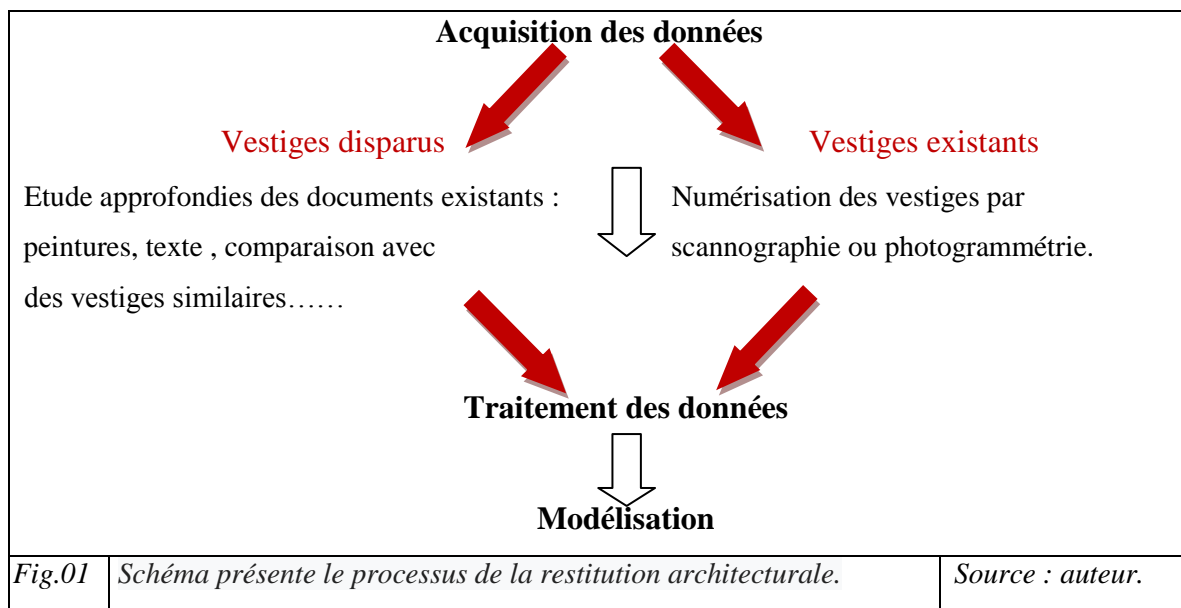
⁵ Dictionnaire Larousse, Editions Larousse 2018 .

⁶ Jean-Claude Golvin, La restitution de l'image des villes antiques, France 2003, P.39.

Il va être souvent nécessaire de combiner les deux approches dans le processus de modélisation. Celles-ci sont complémentaires si les vestiges d'un site sont pertinents et valent la peine d'être numérisés.

En conséquence, on retrouve deux méthodes de modélisation architecturale :

- la numérisation par scanner 3D.
- la photomodélisation.



2. Problématique :

La mosquée de la Kalâa des Beni Hammades , possède une salle de prière de 13 nefs à 8 travées elle est considéré comme la plus grande après celle de Mansourah et son minaret est le plus ancien d'Algérie après celui de Sidi Boumerouane. Désormais la loi nationale 98-04 relative à la protection du patrimoine prend en charge la protection du site et sa gestion est confiée à l'Office de gestion et d'exploitation des biens culturels (OGEBEC).

Aborder l'état de conservation du site est impérativement nécessaire, car les vestiges restants deviennent de plus en plus vulnérables face à la dégradation naturelle et artificielle dont l'homme à une grande part, notamment l'absence d'une clôture autour du site qui a engendré une urbanisation anarchique et illicite dans l'aire de servitude du rempart médiévale à certains endroits , aussi la surconsommation du territoire environnant et le non respect de leurs zones tampon de l'aire sauvegardé, par la hauteur des gabarits des constructions et d'obstruction des champs de visibilité; la présence toujours des gravats des fouilles antérieurs

qui ont constitués un écran occultant le site et ses monuments ; le traçage d'une route traversant le site archéologique à 6 mètres environ du minaret, non seulement, elle rend le site librement accessible, mais aussi elle est une source de vibrations nuisant à la stabilité des monuments même en état de ruines.

Dans une perspective de protection, nous proposons la problématique suivante :

Cette restitution numérique pourra-t-elle jouer le rôle de protection et de préservation et donc de valorisation du site ?

3. Les objectifs :

Vue ma formation d'architecture et fils de la région, j'avais une conviction d'intervenir afin de le protéger face à sa dégradation quotidienne. Nous voulons aller plus profond dont notre objectif afin d'enrichir notre site, qui implique, sa sauvegarde, sa valorisation et sa production dans une perspective durable, peut être plus réaliste et plus productive. Dans cette logique, on a tracé à travers ce modeste mémoire les objectifs suivants :

Attirer le maximum de touristes surtout que le site ne reçoit pas beaucoup de visiteurs par année ; cette démarche pourra apporter beaucoup d'argent qui aidera à sa préservation.

En plus de sa vocation agricole, M'Sila devra avoir une vocation touristique qui sera une valeur rajoutée à la région vu le potentiel patrimoniale qu'elle possède et cela était parmi les objectifs de ce mémoire.

4. Les hypothèses :

Le recours à la restitution 3D pouvant relever de trois hypothèses différentes, une réflexion en amont s'impose.

Premièrement, l'archivage des données par le relevé 3D de terrain ou par la numérisation d'objets au scanner sauvegardent des vestiges fragiles ou amenés à disparaître et permettent leur étude et/ou leur valorisation (tablettes d'argile, grottes ornées, etc.) ; il s'agit ici d'effectuer une copie numérique la plus fidèle possible du référent, ou bien de réaliser un simple relevé schématique tel le levé topographique.

Deuxièmement, la version moderne de la maquette 3D nécessite un rendu visuel travaillé, mais pas nécessairement détaillé : les détails seront rendus par des textures afin de diminuer les temps de calcul. Si ces restitutions se basent sur des données archéologiques, une large part est faite à l'imagination.

Enfin, La 3D a permis de tester rapidement les hypothèses architecturales avant finalisation. La possibilité de déplacer une caméra selon l'angle de vue désiré et de rendre des

vues orthographiques ou en perspective classique permet d'obtenir autant d'illustrations que nécessaire en un temps très court, ou bien encore des animations vidéo.

5. Méthodologie :

Dans notre intervention, nous avons utilisé une méthode comparative ; cette méthode a permis de comparer ce que nous avons avec les effets et les données sur la Kalaa de Beni Hammad, comme sur la grande mosquée des Beni Hammad, et ce qui existe dans des bâtiments similaires.

Au premier chapitre nous avons présenté notre sujet de la restitution, puis de ressorti les problématiques constatées et donné des objectifs à atteindre avec des hypothèses afin de résoudre ces problématiques.

Ensuite, nous avons donné des informations sur la situation de la ville de M'sila comme la site de la Kalaâ par rapport à celle-ci, avec un aperçu historique on citant l'importance et le rôle qu'a joué cette civilisation de l'histoire de l'Algérie.

Enfin, en dernier chapitre, et pour but de valoriser au mieux le patrimoine de la mosquée, nous avons élaboré une méthode descriptive totale de la mosquée et les vestiges trouvés sur ce lieu et pour mieux connaître et diagnostiquer le patrimoine de la dynastie Hammadide et son contexte. Aussi bien aider à la réalisation des études de préservation et de valorisation culturelle et touristique de la kalaa des beni hammadés.

6. Choix du cas d'étude :

La Kalaa des beni hammadés, de par ses vestiges, se présente comme un héritage honorable, non seulement de la région de M'sila mais aussi de tous notre grand pays l'Algérie; et comme patrimoine mondial classé par L'UNESCO qui a demeuré, depuis sa date de classement en 1980, à l'abandon ce qui risque de conduire au déclassement.

Aussi il est de mon devoir en tant que chercheur en vue de son importance, d'entreprendre des recherches à haut niveau en nous faisant un nouveau anneau sur la chaînes d'interventions des chercheurs passés par là, dont j'ai cité dans mon présent mémoire.

Il demeure que la restitution de la grande mosquée est, pour moi, une étape première et initiatrice dans une série d'interventions futures où ce travail sur la mosquée sera le modèle.

7. Documentation :

Afin de réaliser ce modeste travail je me suis référé aux ouvrages suivants :

-Lucien GOLVIN, Recherches Archéologiques à La Qal'a des banu hammad (Algérie), Paris, 1965.

-Lucien GOLVIN, Le Magrib central à l'époque des zirides, Paris 1957.

-GENERAL DE BEYLIE, LA KALAA DES BENI-HAMMAD , Une capitale Berbère de l'Afrique du nord au XI siècle, Paris, 1909

-Rachid BOUROUIBA, Cités Disparues

-Rachid BOUROUIBA, La Kalaa des Bani Hammad

-Rachid BOUROUIBA, Les Hammadites, Alger, 1984.

-Henri Saladin, Manuel D'art musulman.

Deuxième Chapitre :

L'ETAT DE L'ART

- **Chapitre II : l'état de l'art.**

| | |
|--|----|
| Introduction | 22 |
| I. Présentation de la wilaya de M'sila | 22 |
| II. Présentation de la commune de MAADID (kalaa des beni hammades)..... | 23 |
| III. Présentation du site | 24 |
| 3.1.Situation..... | 24 |
| 3.2.Aperçu historique | 25 |
| 3.3.Les fouilles Exécutés Sur le Site | 26 |
| IV. Géomatique..... | 28 |
| V. Cas similaire de reconstituions en 3D..... | 31 |

Introduction :

Vu l'importance de la Kalaa des Beni Hammades dans l'histoire de l'art médiéval Musulman et sa valeur universelle exceptionnelle ; Elle a mérité d'être inscrite sur la liste du patrimoine de l'humanité mondiale, par l'Unesco en l'année 1980.

I. Présentation de la wilaya de m'sila

La Wilaya de M'Sila, dans ses limites actuelles, occupe une position privilégiée dans la partie centrale de l'Algérie du Nord dans son ensemble.

De par sa position géographique et ses caractéristiques climatiques, la wilaya de M'Sila fait partie de la région "Hauts Plateaux Centre (HPC)", avec la wilaya de Djelfa et Laghouat.

Elle est limitée :

- Au Nord par les Wilayas de Sétif, Bordj Bou-Arréridj et Bouira.
- A l'Est par la Wilaya de Batna.
- Au Sud-Est par la Wilaya de Biskra.
- A l'Ouest par la Wilaya de Médéa.
- Au Sud par la Wilaya de Djelfa.⁷

Elle est comprise entre 4° 56' et 5° 33' de longitude Est et 34° 13' et 36° 02' de latitude Nord. Sa superficie est de 18 175 km² pour une population estimée à 1 210 952 habitants, soit une densité moyenne de 66 hab/km²

Sur le plan administratif. Créée en 1974 la wilaya compte actuellement et à la suite des différentes refontes territoriales (1954-1991). 47 communes (dont la commune de Maadid) regroupées en 15 Daïras.

⁷ <http://wilaya-msila.dz>.



Fig.02

Plan de situation de la wilaya de M'sila

Source : Google maps

II. Présentation de la commune de Maadid (kalaa des beni hammades)

La commune de Mâadid fait partie de la daïra de Ouled Derradj; Elle se situe dans la zone d'influence du chef lieu de wilaya M'sila. Elle occupe une superficie de 17933 Km'.

A. Situation géographique :

Géographiquement, elle se situe à 36 Km du chef lieu de wilaya de M'sila, et limitée par:

- Au Nord: Wilaya de Bordj Bou Arreridj
- Au Sud Ouest: Commune de Metarfa.
- Au Sud Est: Commune Ouled Addi guebala.
- Au Sud: Commune Ouled Derradj.

B. Les limites naturelles :

Située au niveau de la montagne d'EL HODNA, elle est limitée par une chaîne montagneuse du Nord au Sud. Dont au Nord Djebel TAKERBOUSTE (1458 mètres d'Altitude) et Djebel TAGUIA. Au Sud par DJEBEL ER RAHMA et DJEBEL ZEROUGA⁸.

⁸ PPMVSA de la Kalaa de Beni Hammad et de sa zone de protection 3eme phase : rédaction final.2009.



Fig.03

Plan De Situation De Commune De Maadid

Source :Google maps

III. Présentation du site :

I. Situation :

La Kalâa (« forteresse ») est située à plus de 1000 mètres d'altitude sur le versant sud du djebel Maadid à la limite nord des plaines du Hodna. Elle est entourée au nord par le djebel Takerboust (Guerboussa ou Gribissa) qui culmine à 1458 mètres, à l'ouest par le mont Gorayn (1190 m), à l'est par la vallée de l'oued Fredj dont les gorges constituent un rempart naturel.

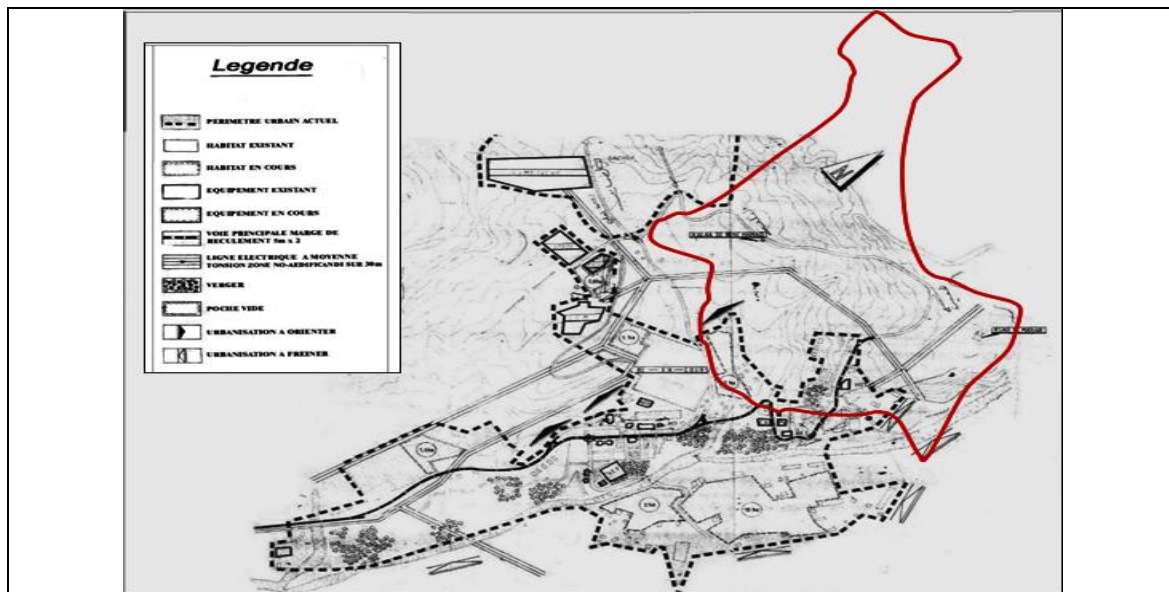


Fig.04

Plan De Situation De La Kalaa / Au Village De Maadid

Source : PDAU Maadid

II. *Aperçue historique :*

La Kalâa Béni Hammad (capitale de la dynastie Hammadide) est un site archéologique situé dans la wilaya de M'Sila, dans la commune de Maâdid, en Algérie.

La Kalâa est fondée en 1007 sur un site antique, par Hammad ibn Bologhine, fils de Bologhine ibn Ziri Menad Abou Ziri (fondateur d'Alger), qui obtient de son suzerain Badis, prince ziride d'Ifriqiya, l'autorisation d'édifier une ville et d'en faire sa capitale. Il y engage durant deux ans de grands projets de construction. La position de la nouvelle citadelle présente des avantages stratégiques encore supérieurs à ceux d'Achir. Hammad s'empresse de la fortifier et, selon Ibn Khaldoun, de la peupler avec les habitants de Msila et de Hamza (Bouira) après avoir détruit leurs villes, ainsi que des Djerawa. ⁹

. Abandonnée en 1090 sous la menace de l'invasion hilalienne (le calife fatimite El-Mostancer lança les Beni-Hilal et les Beni-Soléim sur la Tunisie et l'Algérie en leur disant : Je vous fais cadeau du Magreb et du royaume Çanhadgien qui s'est soustrait à mon autorité ». Tout le pays fut dévasté, les monuments rasés, les puits comblés, les arbres coupés. Un vaste désert remplaça les royaumes florissants.)¹⁰ au profit de Bejaia (Bougie), la première capitale des émirs hammadides a une grande splendeur au XIème siècle. La Kalaa comporte, a l'intérieur d'une enceinte fortifiée de 7 kilomètres partiellement démantelée' par les Almohades en 1152, nombre élevé de vestiges monumentaux, parmi lesquels la grande mosquée et son minaret, toute une série de palais . La mosquée, avec sa salle de prière de 13 nefs a 8 travées, est la plus grande d'Algérie après celle de Mansourah.

Elle présente des rapports étroits avec la mosquée de Sidi Okba a Kairouan, autre monument religieux remarquable du Maghreb. Le minaret, de 25 mètres de haut, offre le prototype d'une composition ternaire qui se retrouve notamment a la Giralda de Séville.

⁹ <http://kabyleuniversel.com/2013/10/11/qui-sont-les-hammadites-les-ait-hammad/>

¹⁰ H.SALADIN Manuel d'art musulman, Librairie Alphonse Picard et fils 1907.



Fig.05 *Limites de la dynastie Hammadide au Xe siècle.* Source : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Zirides>

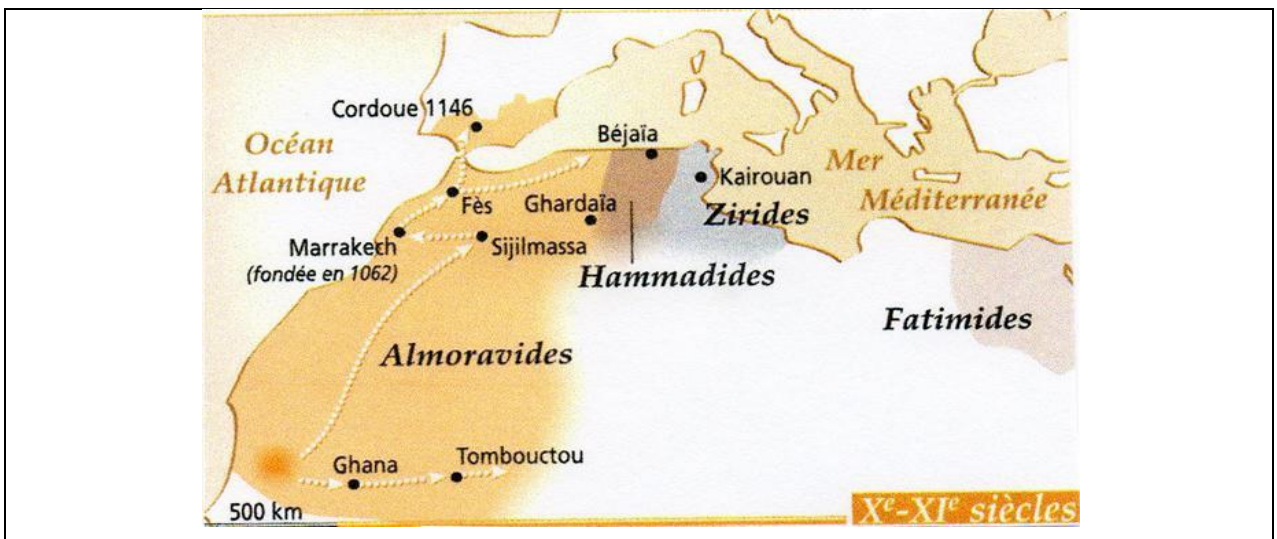


Fig.06 *Limites de la dynastie Hammadide au fin du Xe et XIe siècle* Source : <https://histoireislamique.wordpress.com/category/ere-des-croisades-reconquista-en-orient-et-en-occident-islamique/page/15/>

III. Les fouilles Exécutés Sur le Site :

D'après le livre « Cités disparues » de Rachid Bourouiba.

Paul Blanchet, est le premier archéologue qui s'est intéressé aux vestiges de la Kalaa des Beni Hammad .

Les fouilles débutèrent entre le 15 au 25 avril 1897 et lui ont permis de mettre partiellement au jour le Donjon du Manar. Il nous a laissé un compte-rendu de ses recherches dans le Recueil des Notices et Mémoires de la Société Archéologique de Constantine, de 1898. les Comptes-Rendus de l'Académie des Inscriptions et des Belles Lettres, de la même année, et le tome XVII des Nouvelles archives scientifiques.

Ce fut ensuite le Général de Beylié qui, en 1908 , a dirigé une campagne de fouilles de trois mois et demi qui lui a permis de dégager en partie le Palais du Lac et la Mosquée. Il nous a laissé un ouvrage très intéressant intitulé : La Kalaa des Béni Hammad. Une capitale de l'Afrique du Nord au XIème siècle.

Les dernières fouilles avant l'indépendance de notre pays ont été dirigées par Lucien Golvin, dont nous avons déjà parlé à propos d'Achir_ Elles ont eu lieu en octobre 1951, entre 1952 et 1956, puis de 1960 à 1962. L. Golvin. qui a fouillé le Palais du Salut et le Palais du Manar. a publié deux ouvrages très importants sur la Kalaa. Le premier est intitulé: Le Maghreb Central à l'époque des Zirides, paru en 1957 et le second, Recherches archéologiques à la Qal'a des Banou Hammad, édité en 1965. Enfin, entre 1964 et 1972, grâce aux crédits mis à notre disposition par le Ministère de l'Information et de la Culture, nous avons, à notre tour, entrepris des recherches à la Kalaa des Béni Hammad, au cours desquelles nous avons exhumé la Grande Mosquée, les parties Est et Ouest du Palais du Manar et la partie Est du Palais du Lac. Nous avons publié les résultats de nos travaux le Bulletin d'Archéologie Algérienne dans une plaquette intitulée « La Qal'a des Béni Hammad » et dans un ouvrage en langue nationale qui porte le titre de • La dynastie hammadide : histoire et civilisation. ¹¹



| | | |
|--------|---|---|
| Fig.07 | <p style="text-align: center;">▲</p> <p>Site de la mosquée avant les fouilles</p> | <p>Source :Lucien Golvin Recherches Archéologiques A La Qal'a Des Banu-Hammad</p> |
|--------|---|---|

¹¹ Rachid BOUROUIBA, Les cités disparues, Ministère de l'information. Alger ,1979.



| | | |
|--------|---|------------------------------|
| Fig.08 | Photos récente sur la mosquée prises du minaret | Source : Photos Personnelles |
|--------|---|------------------------------|

IV. Géomatique :

Les différentes interventions sur le patrimoine sont désormais subordonnées à l'utilisation des outils de numérisation qui connaissent de nos jours une évolution très remarquables

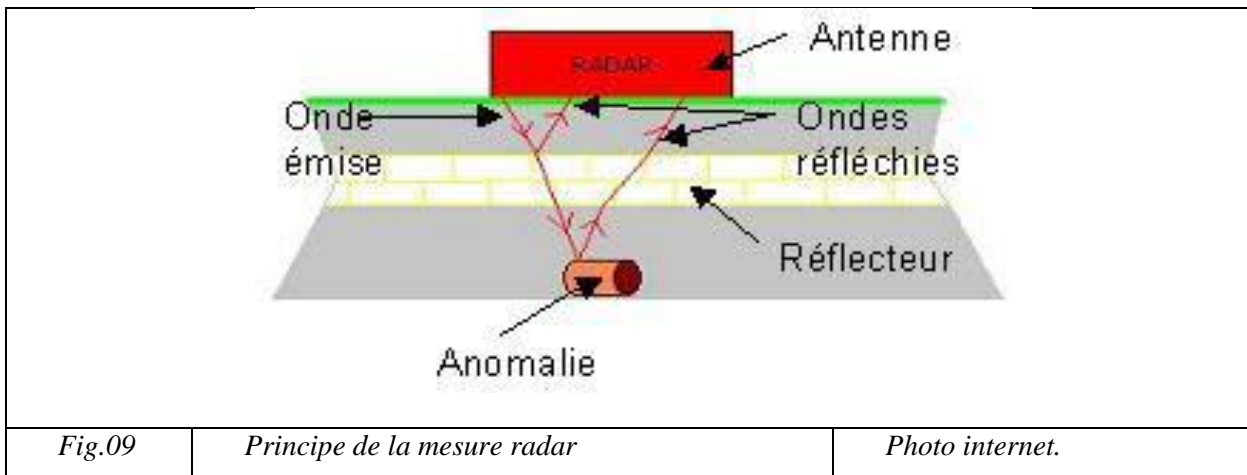
En fait. La numérisation 3D est un procédé permettant de mesurer avec ou sans contact les formes et la couleur de la surface d'un objet pour en créer un fichier informatique utilisable dans un ordinateur. On cite :

1. Le géo-radar :

(en anglais GPR pour Ground Penetrating Radar) est une technique de prospection géophysique non destructive fondée sur l'analyse des phénomènes de propagation (réfraction, réflexion et diffraction) des ondes électromagnétiques hautes fréquences (10 MHz à 2 GHz) dans le sous-sol. Le géo radar, initialement de nature impulsionnelle, est fondé sur l'excitation du sous-sol, à partir d'une antenne d'émission, par un train d'impulsions de durée courte (1 à 50 ns) afin de détecter, à l'aide d'une antenne de réception, les échos successifs associés aux contrastes de permittivités ou de conductivités rencontrés par les ondes électromagnétiques au cours de leur propagation. Ces contrastes témoignent de la présence de cibles enfouies ou de stratifications du sous-sol. L'utilisation du géo-radar fréquentiel est bien plus récente en

raison des contraintes instrumentales qui lui sont associées, et il fait l'objet d'un nombre important de travaux de recherche actuels.

C'est le déplacement du radar à la surface ou dans le sol qui permet d'acquérir des traces (coupes radar ou « scans ») sur une fenêtre temporelle, et de former des radargrammes (ou images radar) de la structure du sous-sol. On distingue les applications visant à détecter des objets ou des anomalies de celles ayant pour objectif la détermination des propriétés intrinsèques du sous-sol. Les applications sont multiples : géologie, hydrologie, glaciologie, environnement, prospection minière, néotectonique, archéologie, génie civil... Parmi ces applications, on peut citer la localisation d'objets enfouis métalliques ou non métalliques tels que les câbles, les conduites, les fondations, les ferraillements, les cavités, les zones altérées, les mines et la caractérisation des propriétés intrinsèques des matériaux géologiques (sols, roches) ou artificiels (béton, l'asphalte ou le bois). Chaque type d'application requiert une mise en œuvre expérimentale spécifique (acquisition en réflexion ou transmission, échantillonnage spatial, cartographie 2D ou 3D, fréquence nominale de l'excitation...) et des traitements associés aux signaux bruts (filtrage, migration, inversion des données) afin de reconstituer un modèle du sous-sol. L'amélioration de la détection par un système géo-radar tient actuellement au développement de nouvelles techniques de traitement du signal et de tomographie.¹²



¹²www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/technologies-de-l-information-th9/geomatique-42641210/georadar-te5228/



Fig.10

Photographie Equipement Géo radar

Photo internet.

2. Scanners numériques 3D :

Il s'agit d'un appareil qui analyse les objets apparents ou leur environnement proche pour recueillir des informations précises sur la forme et l'apparence (couleur, texture...) de ceux-ci. Les données ainsi collectées sous forme de fichier informatique

Peuvent alors être utilisées dans un ordinateur pour construire des images de synthèse en trois dimensions (objets numériques).il sont utilisables à des fins diverses. Ces scanners transforment les objets en nuages de points connus par ses trois dimensions.

La tâche des études patrimoniales dans le but de la conservation et la revalorisation du patrimoine est devenue de plus en plus facile et exactes.

3. Maquette numérique :

Une maquette numérique est une représentation géométrique d'un produit, généralement en 3D, réalisée sur ordinateur (à partir d'un fichier numérique recueillie avec scanners 3D ou autres, ayant la capacité de transformer un objet en nuage de point 3D de façon à l'analyser, le contrôler et en simuler certains comportements. En anglais, maquette numérique se dit digital mock-up ou, en abrégé, DMU.

La maquette numérique permet d'abord de comprendre un produit avant qu'il n'existe physiquement, y compris par un prototypage virtuel ; voir le produit c'est commencer à le comprendre.

En amont et durant la construction, les techniciens et ingénieurs qui définissent le produit peuvent échanger plus facilement des solutions et des différentes alternatives techniques possibles, afin de retenir la meilleure au regard de leurs critères ou de ceux du projet.

Certains contrôles et simulations peuvent être réalisés sur le produit avant qu'il n'existe physiquement, permettant de détecter très tôt certains problèmes ou erreurs. Cette correction préalable étant moins coûteuse pour l'utilisateur. Ainsi dans le domaine de la construction.

4. Photogrammétrie :

La photogrammétrie est une technologie basée sur la photographie standard et la géométrie projective et a été à l'origine utilisée pour numériser de grands objets comme des bâtiments, des derricks et des entrepôts. Le principe de la photogrammétrie est de prendre des images multiples de l'objet et des points communs manuels ou automatiques à chaque photographie. Les points peuvent être ajoutés automatiquement ou manuellement pour créer les mesures 3D des parties souhaitées de l'objet.

La photogrammétrie est souvent utilisée avec d'autres technologies de scan 3D pour fournir des mesures complètes de surface et conserver des tolérances serrées sur de grandes zones.¹³

Ainsi en patrimoine on parle de nos jours de la restitution numérique (ce qui est le cas de mon modeste travail), qui permette double usage, l'un c'est pour le tourisme virtuel, et l'autre pour la restitution la plus authentique et pour ne pas commettre de flagrantes erreurs en intervenant sur un monument ou un site historique avec un manque de données.

V- Cas similaire de reconstitutions en 3D

- la cathédrale Notre-Dame de Paris :

Le processus de génération d'une image numérique d'un modèle virtuel au moyen de programmes informatiques adaptés donne une scène. Les scènes sont composées d'objets géométriques, avec ou sans texture, disposées dans un espace convenablement éclairé et affiché selon plusieurs projections. À partir de la perspective des vues orthogonales, les données contenues dans le fichier de scène doivent être envoyées au moteur de rendu sélectionné, afin de lancer le traitement de rendu pour générer à la sortie une image numérique¹⁴.

¹³ <http://www.numerisation-3d.info/principe-de-fonctionnement.html>

¹⁴ Massimo Limoncelli, *Il restauro virtuale in archeologia* (1er édition), Carocci, Rome, 2012.

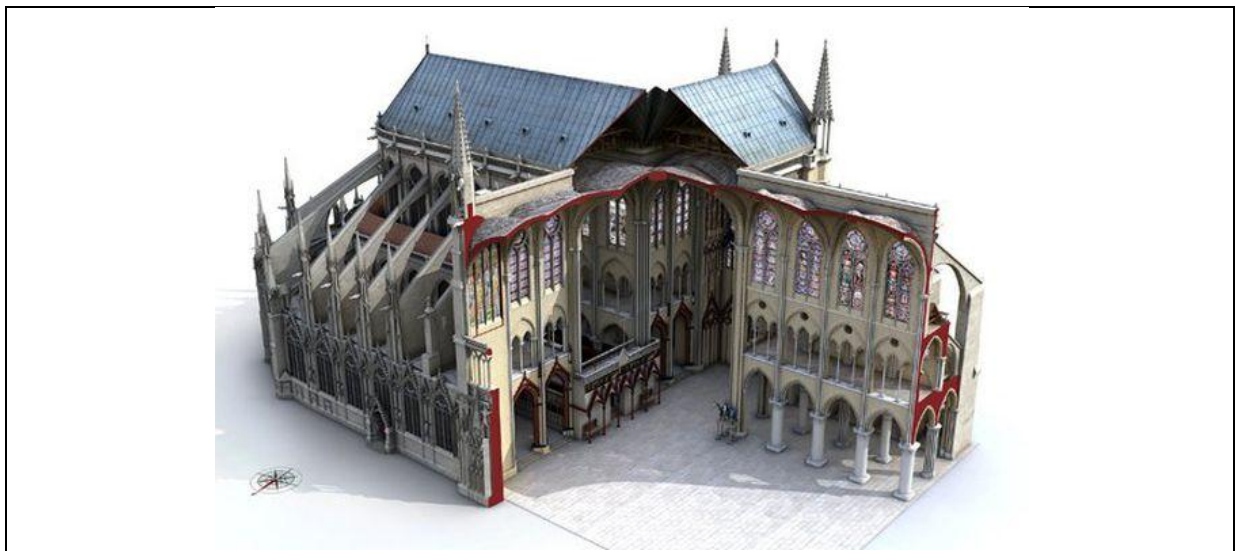


Fig.11

Notre-Dame de Paris. Modélisation 3D

Source : Laurence Stefanon

Plusieurs fois remanié au cours des siècles, le monument Notre-Dame de Paris, référence de ce qu'est une cathédrale gothique, ne se laisse pas facilement appréhender.

La cathédrale est le fruit d'une longue histoire, commencée vers 1160, d'un chantier qui se déroule sur un siècle, jusqu'au milieu du XIIIe. Les transformations considérables qui l'ont affectée ensuite jusqu'au milieu du XIVe siècle l'ont métamorphosée en archétype de l'église gothique, ajourée d'immenses fenêtres, maintenue en équilibre par un savant système d'arcs-boutants arachnéens.

C'est la modélisation en trois dimensions, obtenue à l'aide de relevés laser, qui permet aujourd'hui d'offrir des vues inédites pour retracer ces étapes. Avec plus d'un milliard de points de références obtenus, la carte spatiale très exacte de l'édifice permet de reconstituer visuellement l'histoire de la construction, des transformations et des restaurations de Notre Dame.¹⁵

L'exposition présente est le fruit de ces travaux de modélisation.

¹⁵ <https://france3-regions.francetvinfo.fr>. Publié le 25/05/2014 .

Troisième Chapitre :

ESSAIE DE RESTITUTION

TRIDIMENSIONNELLE VIRTUELLE

DE LA MOSQUEE

| | |
|--|----|
| Introduction | 34 |
| I. Présentation de la mosquée de la Kalaa : | |
| 1. Situation de la Mosquée par rapport au site..... | 34 |
| 2. Historique de la Mosquée..... | 36 |
| 3. Description de la mosquée | 37 |
| II. Identification des matériaux de construction utilisés | 43 |
| III. Recherche pathologique..... | 44 |
| IV. Etude comparatif des exemples de mosquées ayant influencées ou inspirées celle de la kalaa | 48 |
| 1. Mosquée kairaouan | 48 |
| 2. Mosquée koutoubia | 49 |
| 3. La Giralda de seville | 50 |
| 4. La tour Hassan de Rabat | 50 |
| 5. Grande mosquée de Mahdia | 50 |
| V. Analyse des éléments architectoniques, artistiques et les espaces en vue de la reconstitution | 52 |
| VI. Les Essais de restitution tridimensionnelle virtuelle de la Mosquée | 60 |

Introduction :

La mosquée est un lieu de culte où se rassemblent les musulmans pour les prières communes. Elle sert d'institution sociale, éducative ou elle peut, ainsi, être accompagnée d'une madrassa, d'une bibliothèque, d'un centre de formation, voire d'une université. Elle sert aussi de lieu de rencontres et d'échanges sociaux.

La première mosquée au monde était masjid al-Haram connue également sous le nom de Kaaba à la Mecque, qui aurait été reconstruite par notre père Ibrahim et son premier fils Ismaël sur l'ordre de Dieu. La deuxième la plus ancienne est la mosquée al-Aqsa.

Puis, notre prophète Mohammed construisait la première de l'islam, la mosquée de « Quba » à Médine, puis « al- masjid al-Nabawi » la deuxième mosquée à Médine.

Au Maghreb, la première mosquée est « Al-Naqah » de Tripoli, en Libye, fondée vers 643 par le compagnon du prophète Amr Ibn Aa-as lors de la conquête de l'Égypte, puis fondée vers 670, la Grande Mosquée de Kairouan (en Tunisie) l'un des plus anciens et le plus prestigieux, Par son plan et ses caractéristiques architecturales, Dont elle sert de modèle à de nombreuses mosquées dans divers pays du Maghreb (dont la mosquée de la kalaa des beni hammadés), en Andalousie et jusqu'à l'Égypte de la période Fatimide .

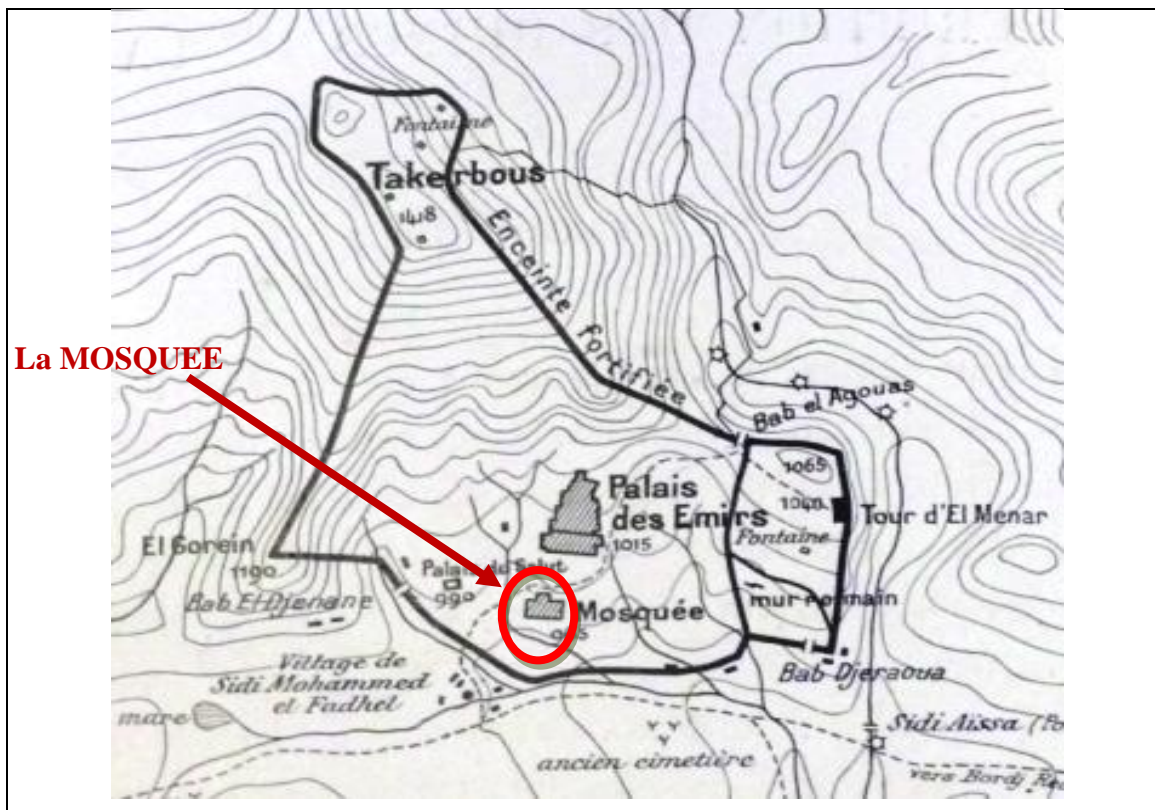
La mosquée dans les villes musulmanes est un élément d'appel structurant, et autour d'elle s'articulent toutes les activités et puis les habitations, elle y occupe un endroit central.

En général, les centres-villes des régions musulmanes sont marqués par la présence de mosquées.

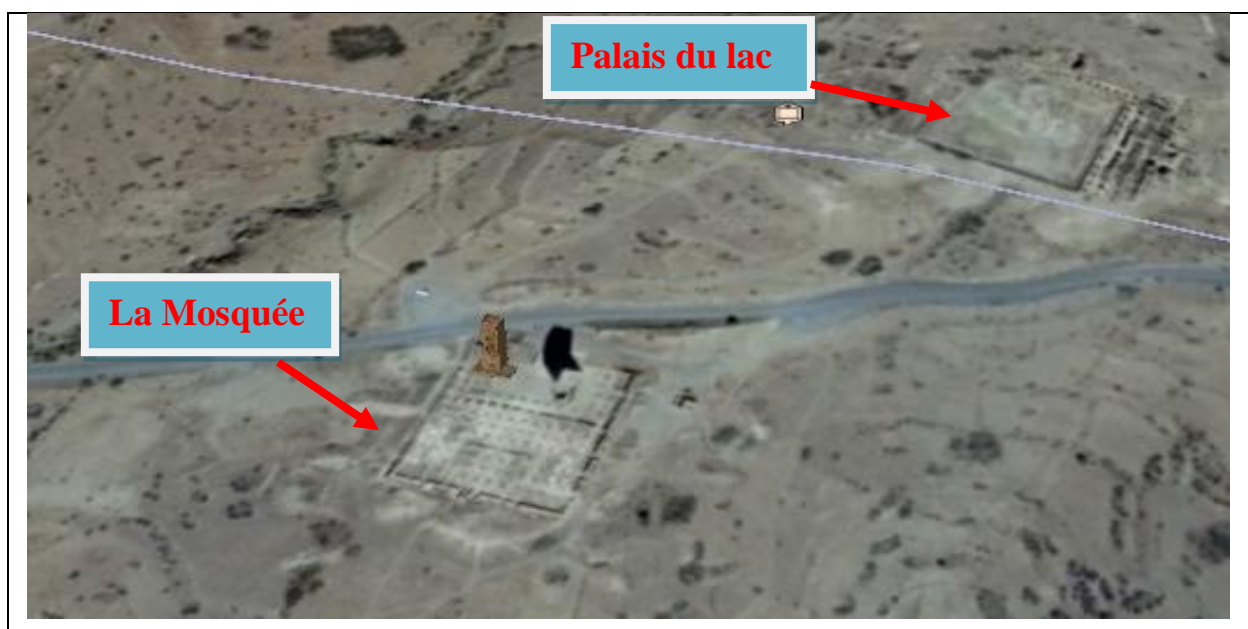
I. Présentation de La mosquée de la Kalaa :

1. Situation de la mosquée par rapport au site :

La mosquée de la kalaa, comme toutes les villes monde Islamique, occupe une place centrale par rapport à la ville (la partie basse peuplée). D'une part, du côté Nord se trouve les palais (palais du lac ou des émirs, de l'étoiles, et du salut.) et d'autre part du côté Sud les habitations et les autres activités, et par devant passe la voie principale servant la ville et menant de Bâb djenane de l'Ouest à Bab al akwass de l'Est.



| | | |
|--------|-------------------------|---|
| Fig.12 | Situation de la mosquée | Source : Général .De Beylie La Kalaa Des Beni-Hammad Capitale Berbère De L'Afrique Du Nord Au Xi Siècle |
|--------|-------------------------|---|



| | | |
|--------|---|----------------------|
| Fig.13 | Image Satellitaire su La Kalaa Avec Emplacement De La Mosquée | Source : Google Maps |
|--------|---|----------------------|



| | | |
|----------------------|--|--|
| <p><i>Fig.14</i></p> | <p><i>Image Satellitaire de la Kalaa Avec localisation de la mosquee par rapport aux composantes du site</i></p> | <p><i>Source : PPMVSA De La Kalaa 3eme Phase</i></p> |
|----------------------|--|--|

2. Historique de la mosquée :

La grande Mosquée de la Kalaa de Béni Hammades, a été construite en 1007-1008, Dans sa première phase, par Hammad Ibn Bologhine à la fondation de la Kalaa, qui a engagé des constructeurs qualifiés dont il a ramené des tous les coins de sa dynastie. Dont elle comportait la salle de prière avec ses treize nefs perpendiculaires au mur de la qibla, ses nefs étaient séparées par des arcades reposant sur des piliers.

Durant la seconde phase de construction de 1062 à 1089 par les soins du Prince Nasir elle a subi des transformations ou le portique fut agrandi et prolongé pour faire le tour de la cour. La façade de la salle de prière fut renforcée par la fermeture de certaines baies dans les angles de la cour. Des édifices sont ajoutés c'est certainement durant cette phase que se fut construite la maksoura dont les murs dépassaient les toits de la salle de prière. Cet espace en avant du mihrab réservé aux souverains est constitué de plusieurs nefs parallèles à celui-ci, et qui modifiait l'axialité du monument en lui conférant un profil similaire à certains édifices Almouahad comme la mosquée de Hassan à rabat ou celle d'al Mansoura à Tlemcen. Les

entrées de part et d'autre du minaret furent condamnées et un étage fut ajouté aux Constructions des angles.

Des interventions avaient été entreprises sur la mosquée durant la période florescente de la dynastie Hammadide, qui s'est étalier à un siècle et demi environ.

Après le déclin de la Kalaa, la mosquée fut à l'abandon puis en ruines, jusqu'à la période coloniale. Ou le Général de Beylié qui, en 1908, a dirigé une campagne de fouilles de trois mois et demi qui lui a permis de dégager en partie le Palais du Lac et la Mosquée.

Entre 1964 et 1972, Rachid Bourouiba, à son tour, entrepris des recherches à la Kalaa des Béni Hammad. au cours desquelles il a exhumé la Grande Mosquée,

En 1974 la restauration du minaret de la mosquée ; 1976-1982 mise en place d'un plan de sauvegarde et de restauration du site par l'UNESCO ; 1987, mission algéro-polonaise de restauration de la Qal'a .

Fouillé depuis le XIXe siècle, le site de la Qal'a souffre aujourd'hui des méthodes archéologiques qui furent employées par les premiers chercheurs. Certaines données manquent et l'état lacunaire des vestiges rend ces structures parfois difficiles à appréhender et à interpréter.

3. Description de la Mosquée :

Les ruines de la Kalâa témoignent du grand raffinement de la civilisation Hammadide, d'une architecture originale et de la culture palatiale de l'Afrique du nord.¹⁶

Elle se trouve sur le versant sud d'un vaste coteau à 1000 mètres au-dessus de la mer. Fut édifiée au XIème siècle; cette mosquée a été entièrement ruinée et il ne reste que le minaret; Elle présente la forme d'un rectangle de 63,30 sur 53,20 mètres. Avec sa salle de prière, mesurant 53,20 sur 34,20 mètres, est composée de treize nefs, orientées nord-sud, de 8 travées, est la plus grande de l'Algérie après celle de Mansourah et son minaret est le plus ancien après celui de Sidi Bou marouane. La cour, de 53,20 sur 26,90 mètres, est séparée de la salle de prière par un mur présentant onze portes. Entourée d'un portique, elle est pavée de dalles blanches. Une citerne, alimentée par une source, de 11,15 m de long, 5,40 m de large et 2,80 m de haut, dont la voûte est en partie effondrée, se trouve en son centre. Au fond trois pièces situées à l'est devaient servir pour les ablutions, une autre pouvait, à l'est, être une bibliothèque.

¹⁶ <https://whc.unesco.org/fr/list/102>

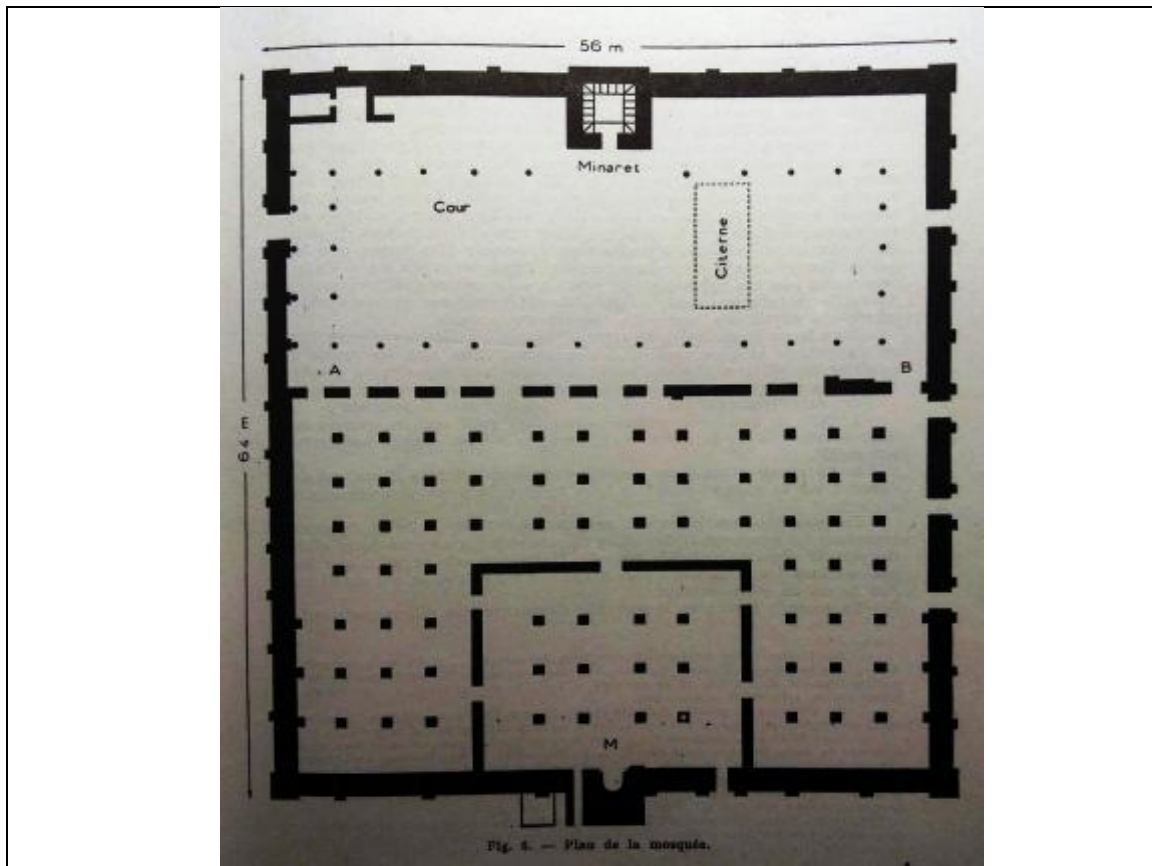


Fig.15 Plan De La Mosquée

Source :Lucien Golvin
Recherches Archéologiques A La Qal'a Des Banu-Hammad



Fig.16 Photo récente Du Minaret + Mosquée De La Kalaa

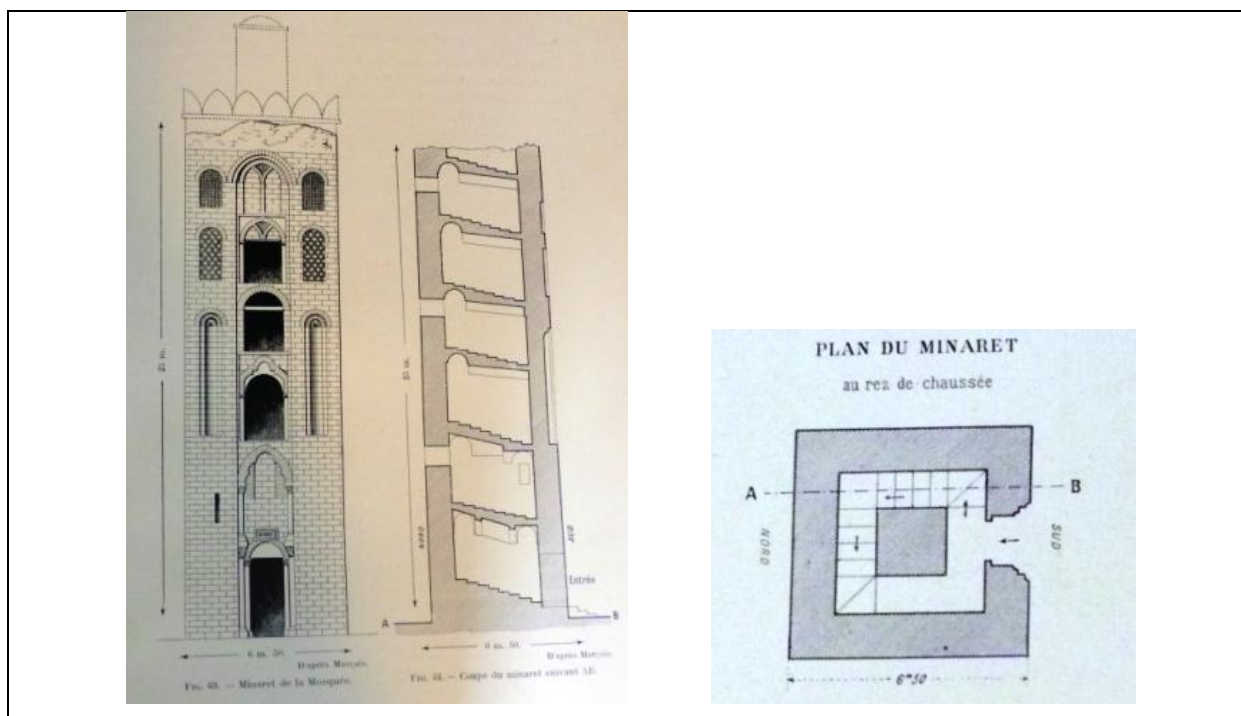
Source :Wikipedia

L'édifice a connu plusieurs phases de construction : Durant la première phase la salle de prière était divisée en treize nefs perpendiculaires au mur de la qibla, ses nefs étaient séparées par des arcades reposant sur des piliers. Celle du centre est plus large que les autres et menai au mihrab mis en saillie dans le mur de la qibla ;

De part et d'autre deux ouvertures donnaient l'une vers la salle où l'on a rangé le minbar, et l'autre vers l'appartement de l'imam. Les nefs s'ouvraient par des baies sur la cour pourvue d'un seul rang de portiques. Le plan de la mosquée offre des ressemblances avec celui des grandes mosquées de Cordoue en Espagne et de Kairouan en Tunisie dans lesquelles on retrouve les nefs perpendiculaire à la qibla.

La mosquée de la Kalâa, la plus grande qu'ait connue l'Algérie après la Mansourah (Tlemcen), présente les mêmes aspects architecturaux que la Grande Mosquée de Kairaouan.

Dans l'axe du mihrab Au milieu du côté nord de la cour, se trouve le minaret actuellement haut de 24,70 mètres, la partie supérieure s'étant effondrée. Sa tour parallélépipédique mesure 6,50 m de côté, un escalier de cent vingt-sept marches, tournant en son centre, conduisant au sommet. Construit sur un plan carré similaires à ceux de la Syrie ; il fut doté d'un décor de céramique sur sa face sud et son escalier de bois fut remplacé par un escalier maçonné ; Son décor s'organise en trois registres verticaux une plaque rectangulaire orné de palmettes et de rinceaux surmonte l'entrée. Au centre se superpose une série d'arcades aveugle ou non dont les formes varient du brisé et au plein-cintre. De part et d'autre de ce registre des niches aveugles ; parfois achevée par des décors de coquilles, au fond orné de mosaïques de céramique ou de croix remodelés en stucs s'organisent symétriquement ou les premiers chercheurs ont vu dans Certains éléments du décor un lien avec des motifs antiques et byzantins.



| | | |
|--------|---|--|
| Fig.17 | <i>Détails du Minaret De La Mosquée</i> | <i>Source: Général De Beylie la kalaa capitale berbère de l'Afrique du Nord au XI siècle</i> |
|--------|---|--|



Fig.18

Détails du Minaret De La Mosquée

Source : L. GOLVIN recherches Archéologiques à la Qal'a des banu-hammad (avant1962)

Détruits dans son sommet on peut supposer qu'ils étaient surmontées de merlons et d'un Lanternon similaire à celui de la mosquée de la Koutoubia de Marrakech, et la forme et le décor du minaret sont à mettre en lien avec la Giralda de Séville et de la tour Hassan de rabat.



Fig.19

La Mosquée Avant 1962

Source : <https://www.flickr.com>



Fig.20

Photo récente du Minaret Et De La Mosquée après les restaurations

Source : Wikipedia

Selon Rachid BOUROUIBA, dans son ouvrage ' Les cités disparues,' « « Le Grande Mosquée, dont on ne voyait que le minaret, et que nous avons dégagée en trois ans, a la forme d'un rectangle mesurant 63,30 m sur 53,20 m. C'est, après la Mosquée de Mansoura, la plus grande mosquée d'Algérie. Ses murs sont épaulés de contreforts. Sa salle de prière mesure 53,20m sur 34,20m. Elle compte treize nefs, orientées Nord-Sud. Les cinq nefs centrales sont isolées du reste de la salle de prière par un mur de 1,10m d'épaisseur et qui a actuellement 0,60 m de haut. Le Général de Beylié a vu, dans cette construction, une maksourah, c'est-à-dire le lieu où le prince prie. Nous pensons plutôt que c'est une petite salle de prière qui a remplacé la grande lorsque la Kalaa fut désertée par un grand nombre de ses habitants et que le reste de la population ne fut plus en mesure d'entretenir un édifice aussi vaste que l'était la mosquée édifiée par Hammad.

Du mihrab de la salle de prière, il ne nous reste plus que la base amputée de sa partie droite. Sa niche orientée vers le Sud avait la forme d'un arc surhaussé. Deux colonnes non engagées supportaient l'arc d'ouverture. Seul, leur emplacement subsiste.

Quant à la cour de la mosquée, elle est séparée de la salle de prière par un mur percé de plusieurs portes et mesure intérieurement 53,20m sur 26,90 m. Elle est entourée d'un portique et pavée de dalles de pierre blanches. En son centre, se trouve une citerne de 11,15m de long, 5,40 m de large et 2,80 m de hauteur intérieure. La voûte s'est effondrée en partie.

Au fond de la cour, nous avons trouvé, à l'Ouest, trois pièces qui devaient servir pour les ablutions. Dans l'une d'elles, nous avons exhumé une grande jarre. A l'Est, nous avons mis au

jour une petite salle qui a pu servir de bibliothèque. Dallée de pierres, elle est divisée en deux par une arcade de plein cintre reposant sur deux pieds-droits. C'est au milieu du côté Nord de la cour que se dresse le minaret qui est, après celui de la Mosquée de Sidi Boumerouane à Annaba, le plus ancien minaret d'Algérie.

Il se compose actuellement d'une seule tour parallélépipédique de 24,70 m de hauteur et de 6,50 m de côté dont la partie supérieure s'est effondrée. Cent-vint-sept marches, tournant autour d'un noyau central plein, conduisent au sommet de la tour.

Seule la face Sud du minaret, c'est-à-dire celle qui donne sur la cour, est décorée. Ce qui fait son originalité, c'est l'organisation de son ornementation suivant trois registres verticaux. C'est bien la première fois dans l'histoire de l'art musulman, aussi bien en Orient qu'en Occident, que cette disposition est adoptée et, nous ne la retrouverons, par la suite, qu'au minaret de la Giralda de Séville.

Le registre central comporte, au-dessus de la porte d'entrée, une table de pierre sculptée, un arc quintilobé partiellement conservé, trois baies superposées et, enfin, un défoncement présentant trois voussures en plein cintre.

Quant aux registres latéraux, ils sont meublés d'un même décor qui comprend de bas en haut : une niche à fond semi-cylindrique, surmontée d'un cul-de-four en coquille, et deux niches à fond plat » »¹⁷

Et Selon Général de Beylie dans son ouvrage 'LA KALAA DES BENI-HAMMAD'
« La mosquée se compose d'un minaret encore debout et d'un grand bâtiment rectangulaire de 66 mètres sur 54 mètres à contreforts extérieurs. Dont il ne reste que des Fondations. L'entrée se trouvant sur le coté. on rencontrait d'abord une cour à portique avec citerne les colonnes du portique étaient cylindriques et en marbre blanc. Elles reposaient sur des dés en maçonnerie noyés dans le sol, elles ne sont plus entières. Les Cinq colonnes de l'Est manquent totalement. Un mur avec des ouvertures séparait la cour à portiques de la grande salle de la mosquée proprement dite. Les colonnes de cette salle ont disparu. Il n'en reste que les fondations, le plafond et le toit de cette salle étaient certainement en bois, car on ne retrouve aucun débris de maçonnerie sue le sol.

Le mur qui sépare la cour de la grande salle. Était traversé, dans le sens de la hauteur, d'après Blanchet, de tuyaux de poterie pour évacuer les eaux pluviales. Dans ce mur se

¹⁷ Rachid BOUROUIBA, Les cités disparues, Ministère de l'information. Alger, 1979 P. 112 et 113

trouvait également une niche semi-cylindrique de 1 mètre de large, jouant le rôle de mihrab, décoré de faïences vertes. Ce mur était percé de fenêtres à vitraux. Dont on aurait retrouvé des débris. Une maksourah entourée d'un mur en maçonnerie qui supportait une balustrade précédait le mihrab, une colonne de la maksourah, encore debout. Plusieurs portes communiquaient avec l'extérieur et donnaient accès dans une série de salles, de chambres ou d'habitations qui couvrent le plateau et avaient probablement une affectation analogue à celle de la Mosquée de Kalaoun de Caire. Je n'ai fait que quelques sondages dans ces dépendances ; ils n'ont pas donné de résultats intéressants.

Mon plan de la cour à portique de la grande salle de la mosquée et de la maksourah diffère sur plusieurs points essentiels du plan de Blanchet, dont j'ai consulté un calque avant d'entreprendre les travaux. Peut-être était-il exact il y a dix ans. Je garantis en tous les cas l'exactitude de mon relevé qui correspond à l'état actuel des ruines.

Le Minaret est en pierres. Il est à base carrée comme les minarets Syriens et à 5 m 50 m de côté: sa hauteur est de 25 mètres, Le sommet a perdu la petite coupole qui la surmontait. L'escalier est en pierre; les Voûtes sont en berceau. »¹⁸

II. Identification des matériaux de construction utilisés :




Les principaux matériaux de construction utilisés sont : Pierre, Moellon de grés local, tuf, mortier de chaux et de gypse, chaux, sable, gravier, briques crues et cuites, bois marbre et zelliges pierre taillée, blocs de terre crue, béton, plâtre; décor de stuc, céramique glacée et lustrée, verre coloré, bois, marbre de couleur.




¹⁸ Général L.de Beylie : " LA KALAA DES BENI-HAMMAD" Une capitale Berbère de l'Afrique du nord au XI siècle. Paris 1909

III. Recherche pathologique :

Etude pathologique à la grande mosquée de la Kalaa de Beni Hammad :

En visitant le site, on a constaté l'état de conservation de la mosquée dont on a identifié les pathologies suivantes:

| CONSTAT | ILLUSTRATION | ORIGINE DE DEGRADATION |
|---|---|---|
| Le talus au côté Est constitué un écran qui masque le monument. |  | présence des remblais des fouilles précédentes. |
| Graffitis |  | Absence de clôture |
| Effritement des joints (mortier à base de la chaux) |  | Vieillesse des mortiers ainsi que l'effet de l'érosion, répercutent sur la capacité d'adhérence des composants de la structure |
| Fissures verticales |  | -Tassement différentiel due au mouvement probables des fondations, c'est l'aboutissement logique de: poids propre des pierres Vibration du sol causée par le passage de véhicules Gel et dégel Poussée de terre due à la circulation mécanique Mouvement de l'eau au niveau du sous-sol. |

| | | |
|---|---|--|
| <p>Dégradation au niveau du soubassement du minaret.</p> |  | <p>Stagnation des eaux pluviales du côté nord de la mosquée suite l'absence d'un système de drainage ; La poussée des terres causée par le passage des véhicules.</p> |
| <p>Degradation au niveau de la dalle</p> |  | <p>Infiltration des eaux pluviales à l'intérieur, menaçant les revêtements des murs et leur stabilité.</p> |
| <p>Fissuration oblique de 45° due à la séparation des deux structures (interne et externe),</p> |  | <p>la structure externe (paroi) exposée aux différentes forces menaçant sa stabilité: vibrations en répétition, causée par : - - le mouvement due au passage des véhicules ; - charge des forces de gravité, qui provoque un tassement différentiel au niveau des fondations ; - la charge supplémentaire due à l'accès des visiteurs. des escaliers menant à la terrasse aggravent la situation</p> |

| | | |
|---|--|---|
| <p>Eclatement de la pierre</p> |  | <p>Gel et dégel</p> |
| <p>Présence de végétation.</p> |  | <p>La prolifération et le déploiement des végétations telles que les herbes menacent la stabilité des murs, faute d'entretien</p> |
| <p>présence de végétation</p> |  | <p>Les racines des arbres provoquent des poussées sur les monuments.</p> |
| <p>La citerne à ciel ouvert, se trouve dans un état délicat. Elle est exposée aux facteurs climatiques notamment les eaux pluviales, en plus des dégâts causés par les visiteurs.</p> |  | <p>-Aléas climatiques. -Aléas Anthropiques</p> |

Les pathologies majeures sont ainsi :

- Le vieillissement des mortiers de chaux est l'un des causes principales de la dégradation des maçonneries.

- la crête des murs exposés peut subir elle aussi des infiltrations d'eau ce qui prolongera ce phénomène .

Les conséquences de l'action de l'eau:

1. Cycles d'évaporation – humidité : les mouvements d'eau à l'intérieur de la structure auront deux conséquences : dissoudre certains sels présents dans les mortiers et provoquent la cristallisation de sels à la surface de la structure ce qui se traduira par l'apparition d'efflorescences (entraînant craquelures, écailllements, jusqu'à une grave détérioration de la surface)

2. Action mécanique de la pluie, érodant les structures fragiles, les enduits,

3. Ruissellement de la pluie le long de la paroi, vidant progressivement les joints.

4. Croissance de la végétation (favorisée par les micros -climats humides)

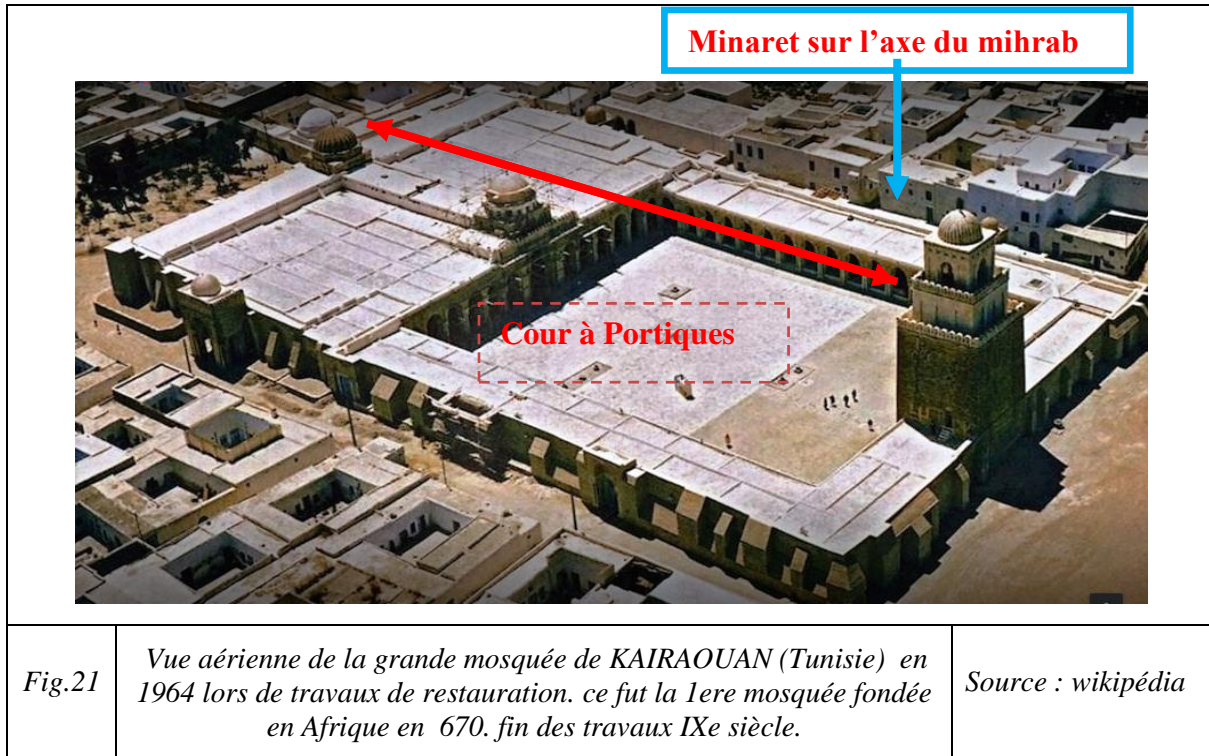
5. Le gel : augmentation du volume de l'eau lors de son passage à l'état solide, pouvant provoquer l'éclatement des matériaux.

6. Les variations de température provoquent une alternance dilatation – retrait du matériau qui, peu élastique, peu se fissurer.

7. Le vent, transportant poussières, sables, amènera des phénomènes d'érosions ;

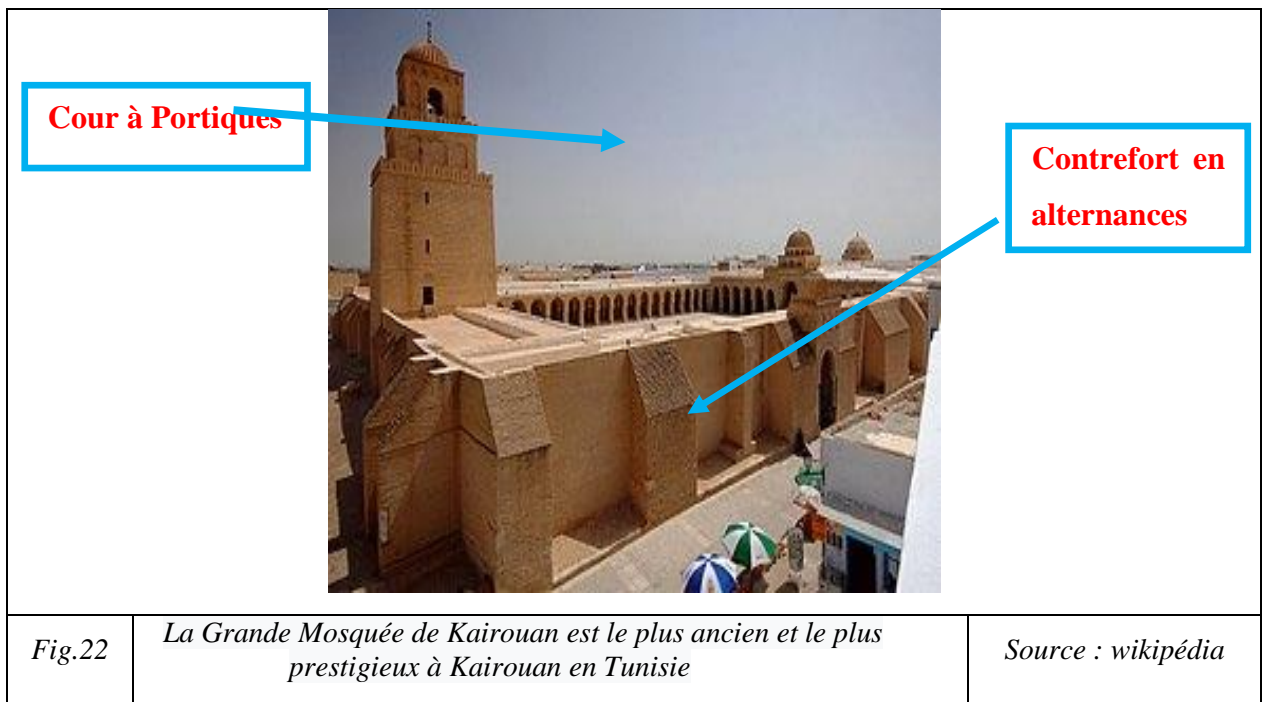
IV. Etude comparatif des exemples de mosquées ayant influencées ou inspirées celle de la kalaa :

1- MOSQUEE KAIRAOUAN (Tunisie) fondée en 670



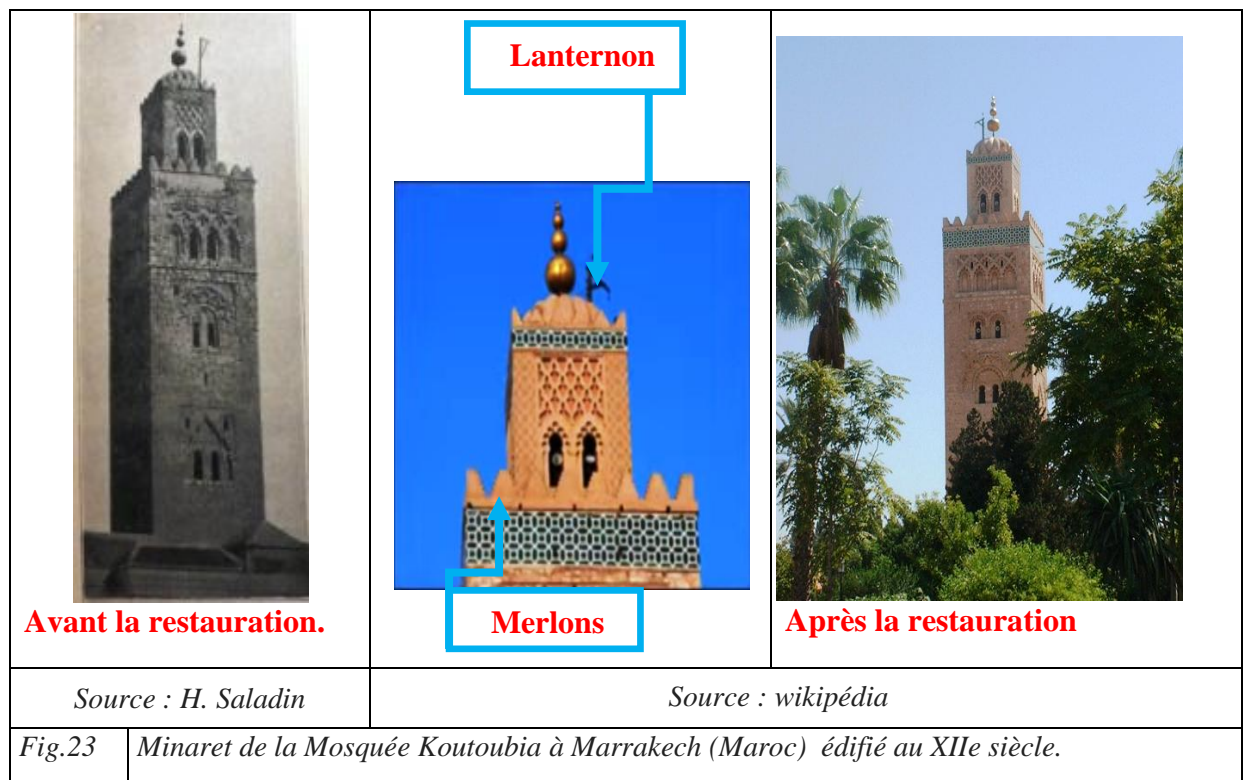
La Mosquée de la Kalâa, présente les mêmes aspects architecturaux que la Grande Mosquée de Kairouan. Où :

- La mosquée présente une salle de prière composée de nefes perpendiculaires au mur de la kibra
- le minaret se trouve dans l'axe du mihrab Au milieu du côté opposé de la cour
- Les murs à l'extérieur étaient appuyés en alternance par des contreforts en saillie (Référence mésopotamienne).
- une cour entourée de portiques.



2- MOSQUEE KOUTOUBIA à Marrakech (Maroc) édifié au XIIe siècle.

Le Minaret de la mosquée de la Kalaa, détruits dans son sommet on peut supposer qu'il était surmonté de merlons et d'un Lanternon similaire à celui de la mosquée de la Koutoubia de Marrakech



3- LA GIRALDA DE SEVILLE, fondée entre 1172 et 1182,

4- LA TOUR HASSAN DE RABAT, édifée au XII^e siècle(1196)



| | | |
|--------|---|--------------------|
| Fig.24 | LA GIRALDA DE SEVILLE, 'ancien minaret de la grande mosquée almohade de Séville, en Andalousie.1172 | Source : wikipédia |
|--------|---|--------------------|



| | | |
|--------|---|--------------------|
| Fig.25 | la tour Hassan de rabat minaret du XII ^e siècle(1196) | Source : wikipédia |
|--------|---|--------------------|

- La Forme et le Décor du minaret de la mosquée de la Kalaa sont à mettre en lien avec les ceux de la Giralda de Séville et de la tour Hassan de rabat.

5- Grande Mosquée de Mahdia, édifée en 916



| | | |
|--------|--|--------------------|
| Fig.26 | Vue générale de la Grande Mosquée de Mahdia, | Source : wikipédia |
|--------|--|--------------------|



| | | |
|--------|---|--------------------|
| Fig.27 | Grande Mosquée de Mahdia, édifée en 916 « la cour à portiques » | Source : wikipédia |
|--------|---|--------------------|



Fig.28

*Grande Mosquée de Mahdia, édifée en 916
« Portiques de la cour »*

*Source :
wikipédia*



Fig.29

*Grande Mosquée de Mahdia, édifée en 916
« Nef centrale de la salle de prière »*

*Source :
wikipédia*



Fig.30

Grande Mosquée de Mahdia, « Portail d'entrée de la mosquée »

*Source :
wikipédia*

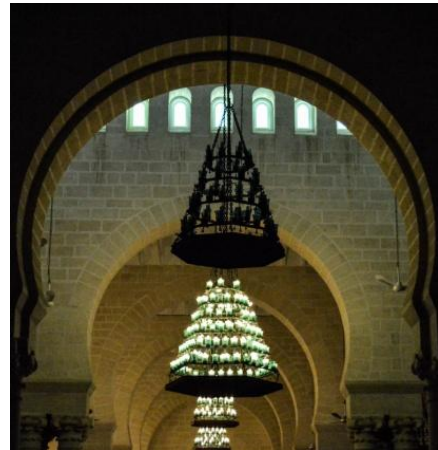


Fig.31






















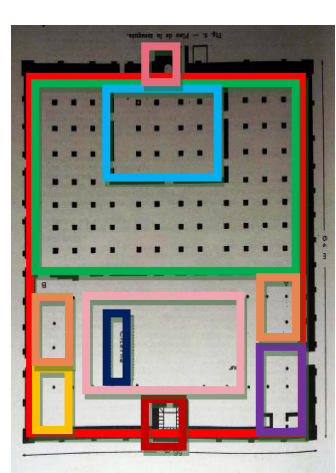












Grande Mosquée de Mahdia, « Portiques de la salle de prière »

*Source :
wikipédia*

On remarque l'utilisation de :

- Arc outre passé
- Marquage d'entrée par Portique à arc outre passé et niches
- Toiture en maçonnerie .

V. Analyse des éléments architectoniques, artistiques et les espaces en vue de la restitution :

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|---|---|---|-----------|---|-----------|---|-----------------|---|---------|---|-----------------|---|--------|---|---------|---|------------------|---|------------|---|
|  | <p style="text-align: center;"><u>LEGENDE</u></p> <table border="1"> <tr> <td></td> <td>Limite de la Mosquée</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Le Mihrab</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Maksourah</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Salle de prière</td> </tr> <tr> <td></td> <td>La Cour</td> </tr> <tr> <td></td> <td>La Bibliothèque</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Annexe</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Minaret</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Salle d'Ablution</td> </tr> <tr> <td></td> <td>La Citerne</td> </tr> </table> |  | Limite de la Mosquée |  | Le Mihrab |  | Maksourah |  | Salle de prière |  | La Cour |  | La Bibliothèque |  | Annexe |  | Minaret |  | Salle d'Ablution |  | La Citerne |  |
|  | Limite de la Mosquée | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | Le Mihrab | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | Maksourah | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | Salle de prière | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | La Cour | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | La Bibliothèque | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | Annexe | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | Minaret | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | Salle d'Ablution | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | La Citerne | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  <p style="text-align: center;">Maida coté droite</p> |  <p style="text-align: center;">Bibliothèque coté</p> | <p><i>LES ESPACES DE LA MOSQUEE</i></p> | <p><i>Plan de la mosquée suivant golvin</i></p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p><i>Photos sur Mosquée prises du minaret</i></p> | | | <p><i>Source : photos personnelles</i></p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

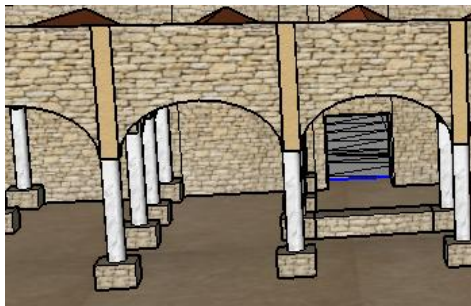
- La mosquée présente une salle de prière composée de nefs perpendiculaires au mur de la kibla.
- Le minaret à base carrée est disposé dans l'axe médian du mihrab (référence aghlabide, Kairouan).
- L'utilisation de la pierre taillée pour la construction.
- Les murs à l'extérieur étaient décorés de grandes cannelures verticales terminées par une demi-coupole écrasée. Ils sont alternés par des contreforts en saillie (référence mésopotamienne)



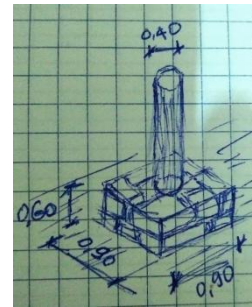
Vue sur mosquée à partir du minaret



Colonne sur socle en pierre



RESTITUTION 3D



croquis de la Colonne sur socle en pierre

Fig.33 *Photos de la mosquee et details colonne et socle*

Source : photos personnelles



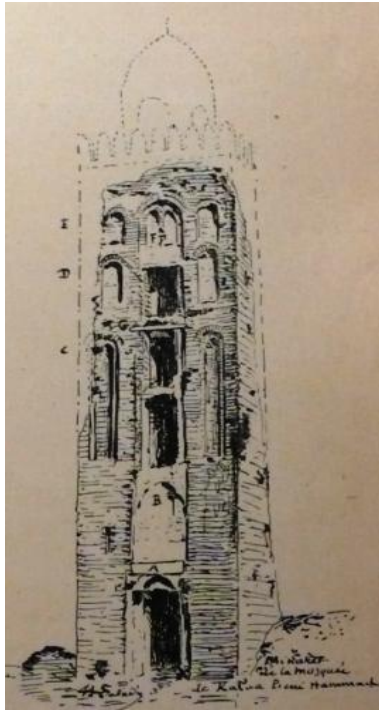
Chapiteau de colonne



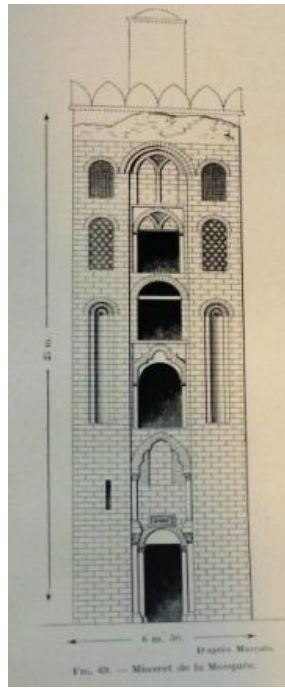
Base de colonne

Fig.34 *Base et chapiteau de colonne en pierre exhumé au site*

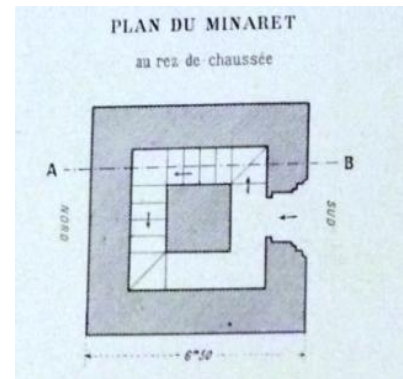
Source : photos personnelles



Photos du Minaret Source :
H.SALADIN
Manuel d'art musulman
Fig.36.



Photos et Plan du Minaret, Source: Général De Beylie
la kalaa des beni-hammad capitale berbère de l'Afrique du Nord
au XI siècle



Hypotheses de restitution du minaret



Chapiteau corinthien



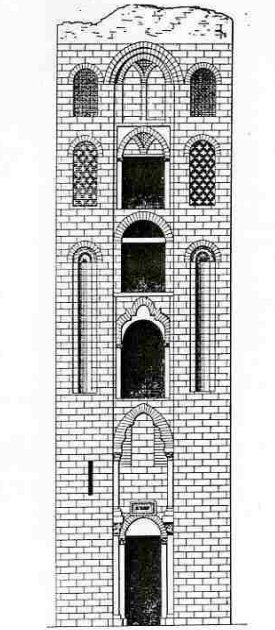



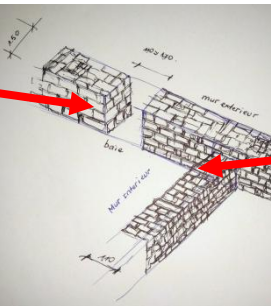

Croquis Chapiteau corinthien

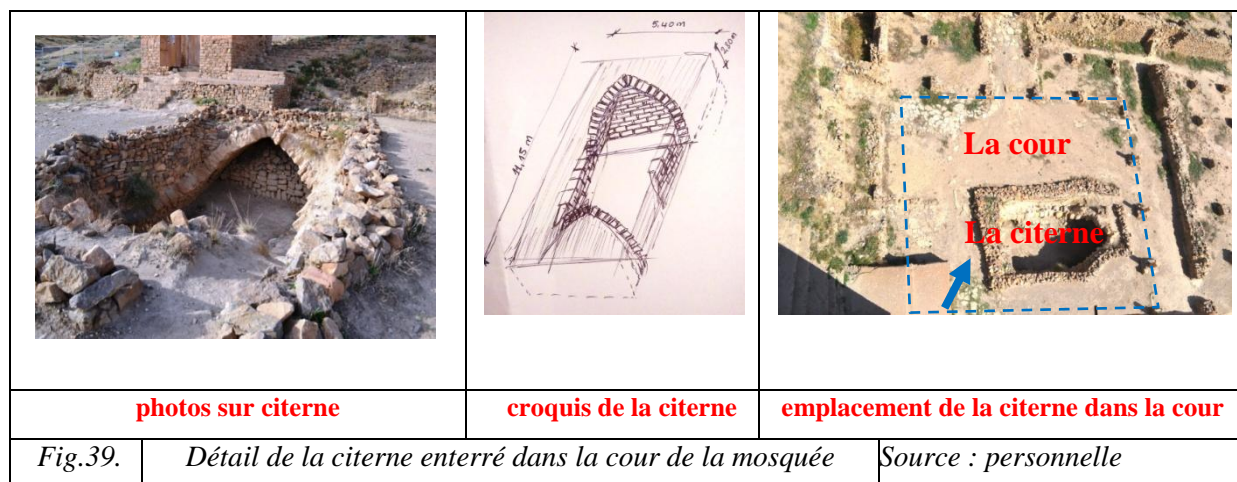
Fig.35

Source : Rachid Bourouiba Cités disparuées

Croquis personnel

| | | |
|---|--|---|
|  |  |  <p data-bbox="1072 869 1257 898">FIG. 65. Qal'a des Beni Hammid. Minaret de la mosquée.</p> |
| <p data-bbox="306 907 529 940"><i>Photos du Minaret</i></p> | <p data-bbox="689 907 928 940"><i>Croquis du Minaret</i></p> | <p data-bbox="1040 907 1321 974"><i>FACADE, Source :Lucien Golvin</i></p> |
| <p data-bbox="226 981 306 1010"><i>Fig.37</i></p> | <p data-bbox="577 981 817 1010"><i>Détails du minaret</i></p> | <p data-bbox="1008 981 1356 1010"><i>Source : photos personnelles</i></p> |

| | | |
|---|--|---|
|  |  |  |
| <p data-bbox="236 1429 657 1458">photos sur mur extérieur et intérieur</p> | <p data-bbox="715 1429 896 1458">croquis du mur</p> | <p data-bbox="1072 1429 1353 1458">Photos prise du minaret</p> |
| <p data-bbox="252 1489 338 1525"><i>Fig.38</i></p> | <p data-bbox="402 1489 1018 1525"><i>Détails des murs intérieurs et extérieurs en pierre</i></p> | <p data-bbox="1056 1489 1401 1525"><i>Source : photos personnelles</i></p> |



- Description de L'art

Les différentes campagnes de fouilles ont permis de dégager un mobilier archéologique important de fragments de décors, de colonnes, de vasques, de céramique et aussi des pièces de monnaie et des bijoux. Ces objets sont exposés actuellement aux musées d'Alger, de Constantine, de Sétif et au musée de site.

« ...de marbre porte une décoration analogue aux plus beaux morceaux de la maksourah de Kairouan IX siècle)..... Il est certain, d'autre part, qu'on ne peut s'empêcher de trouver une certaine analogie entre les longues baies à archivolttes concentriques de ces édifices et celles du minaret de la Kalaa des Beni-Hammad ; mais les moellons revêtus d'un enduit de la Kalaa sont, en Sicile, remplacés par de la belle pierre. »¹⁹

Les archéologues qui se sont succédés sur le site ont mis au jour des colonnes, des bases de colonnes, des chapiteaux, des tombes, de la céramique architecturale, des poteries, des objets en plâtre, en marbre, en pierre, en verre, en métal, des monnaies et des bijoux. Les colonnes en marbre rose ou blanc, signalées par Paul Blanchet à la Grande Mosquée, ont disparu. Dans cet édifice, nous n'avons, de notre côté, exhumé que des tronçons de fûts en pierre, grossièrement taillés : quatre dans la salle de prière et trente-trois dans la cour. Leur diamètre varie entre 15 et 42 cm.²⁰

¹⁹ H.SALADIN Manuel d'art musulman, Librairie Alphonse Picard et fils 1907

²⁰ Rachid BOUROUBA, Les cités disparues, Ministère de l'information. Alger, 1979 P.121

Et alors, le constat suivant est à lancer :

- a. L'apparition du pavage en marqueterie de terre émaillée (revêtement en puzzles géométriques, étoiles et pointes), dont le rôle sera si remarquable plus tard dans les monuments maghrébins et andalous.
- b. Les murs intérieurs bien polis au plâtre étaient décorés de motifs peints à deux tons.
- c. La grande attention accordée aux défoncements en niches, afin de meubler les vastes surfaces de leurs façades. Elles sont à fond plat ou demi cylindriques.
- d. Le développement d'une première forme de mouquarnas : parallélépipèdes à cannelures prismatiques de terre émaillée.

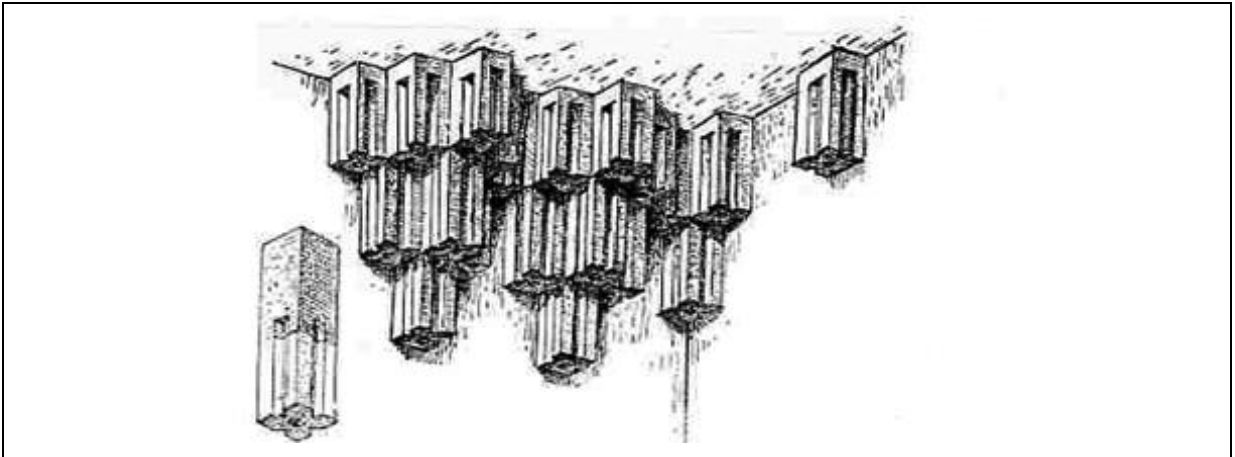


Fig.40 *Premières Formes De Mouquarnas Parallélepèdiques* Source : cours HCA Mr. Chennaoui

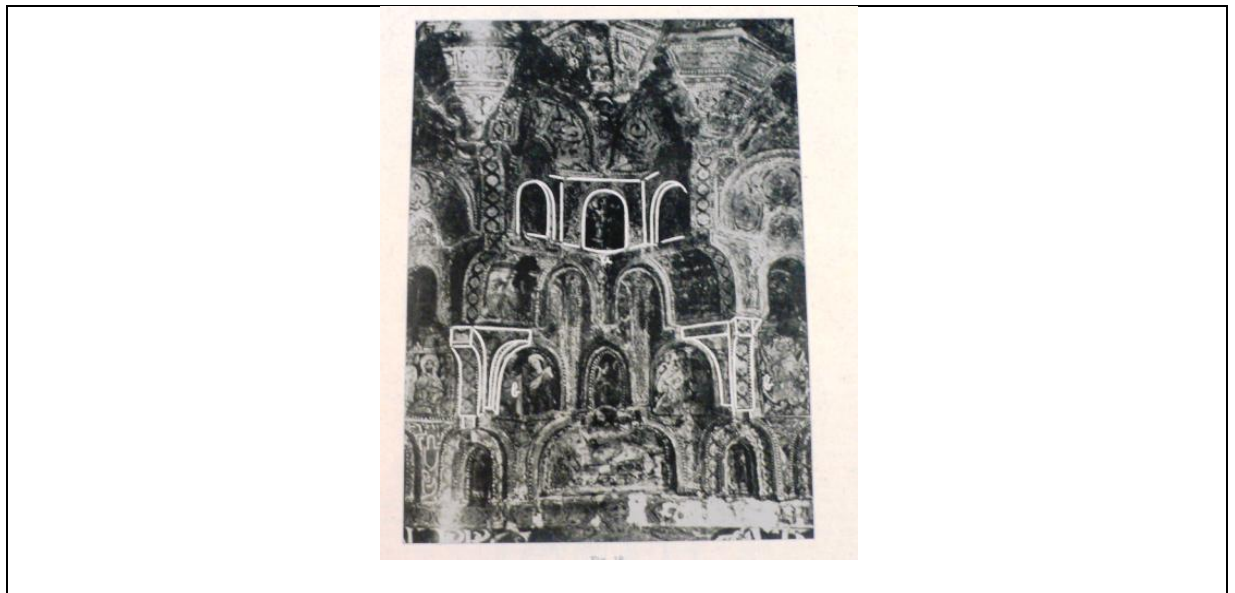


Fig.41 *Premières Formes De Mouquarnas* Source :Lucien Golvin *Recherches Archéologiques A La Qal'a Des Banu-Hammad*

e. Le décor raffiné pour des éléments de fortes saillies (consoles) proposant une sculpture aux reliefs en volutes.

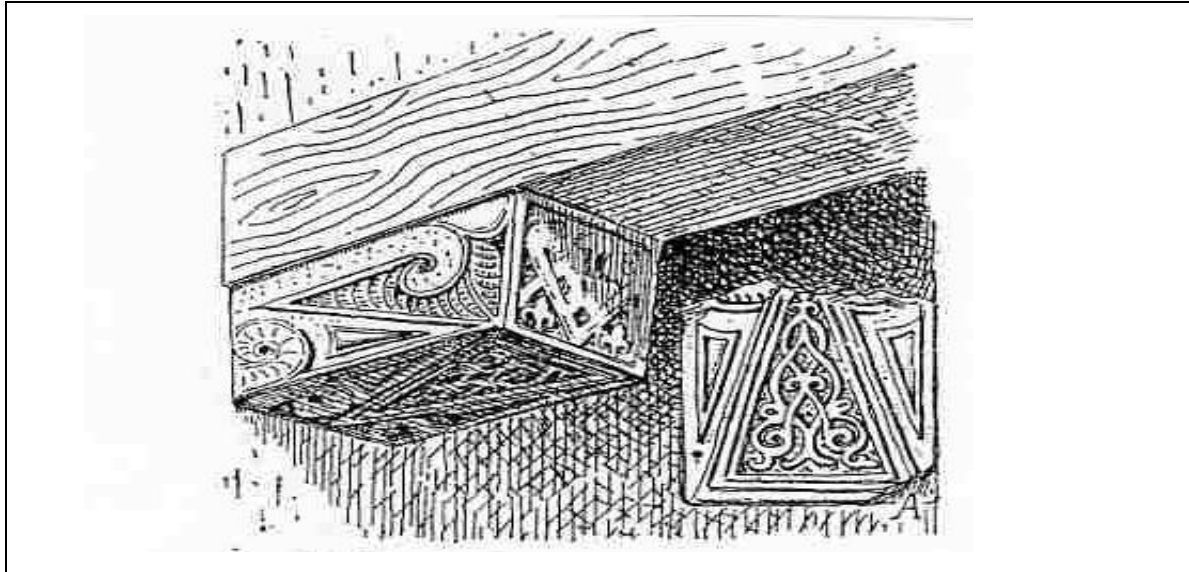


Fig.42

Formule décorative des consoles en pierre

Source : L. Golvin.



Restitution de l'arc qui surmonte les deux fenêtres des registres latéraux du Minaret

Fig.43

Hypothèses de restitution du minaret

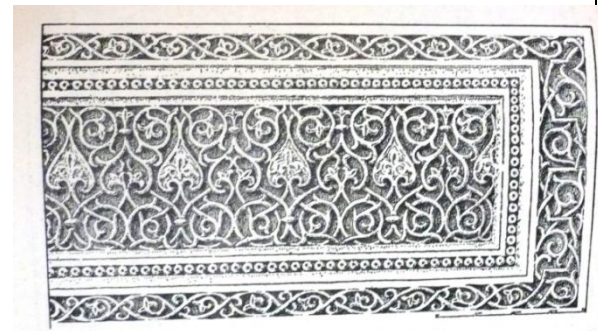
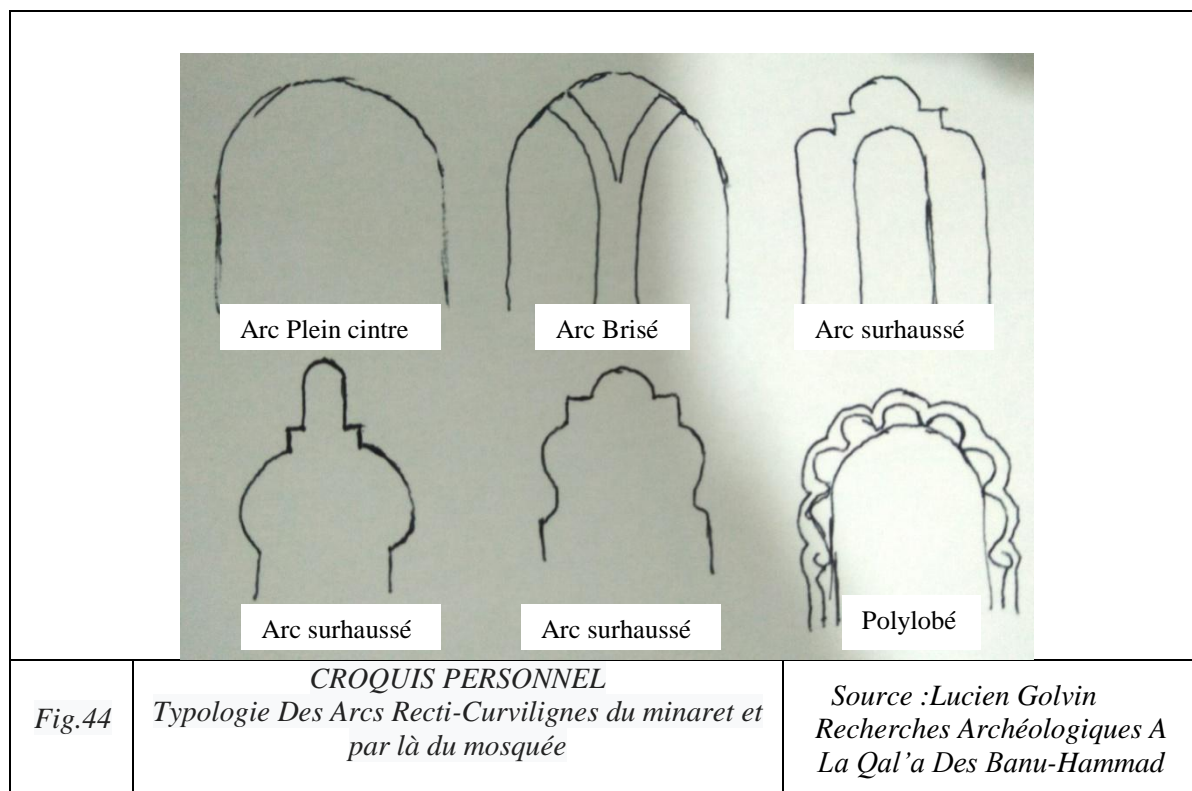


Fig. 51. — Pierre sculptée du Minaret (d'ap. G. Marçais).

Plaque sculptée surmonte la porte d'entrée du minaret

Source: Général De Beylie
la kalaa des beni-hammad capitale berbère
de l'Afrique du Nord au XI siècle

f. La forme complexe des arcs obtenus par la combinaison de diverses formes géométriques: alternance de lobes aux festons et aux droites rectilignes.



La plupart du temps, l'arc en plein cintre couronne une niche à fond plat, mais on le trouve également au-dessus de la porte d'entrée, toujours appareillé de claveaux de pierres qui viennent reposer sur les chapiteaux de deux colonnes d'angle des pieds-droits. On remarquera également l'existence d'arcs brisés, mais non outre-passés, dans la série des ouvertures aveugles ou non qui décorent l'axe central du minaret. Le plus simple (deuxième ouverture en partant du haut) repose sur des colonnettes. Au-dessus de lui, on remarque un arc brisé à trois voussures que j'ai déjà eu l'occasion de comparer aux arcs absolument semblables que l'on peut trouver en Sicile à la période normande. On pourra remarquer que ces trois arcs superposés ne sont pas de même centre, En effet, celui de l'intérieur est plus resserré que les deux autres qui l'enveloppent. A l'intérieur du tympan déterminé par les arcs des deux ouvertures supérieures, on trouve le départ d'arcs entrelacés ; nous avons déjà établi des relations qui s'imposent entre ces figures et celles que l'on peut trouver ailleurs, aussi bien en Afrique du Nord qu'en Espagne ou en Sicile. Il nous reste à rechercher les origines possibles et le cheminement des arcs brisés non outrepassés.²¹

²¹ Lucien Golvin, Recherches Archéologiques A La Qal'a Des Banu-Hammad , Paris 1965

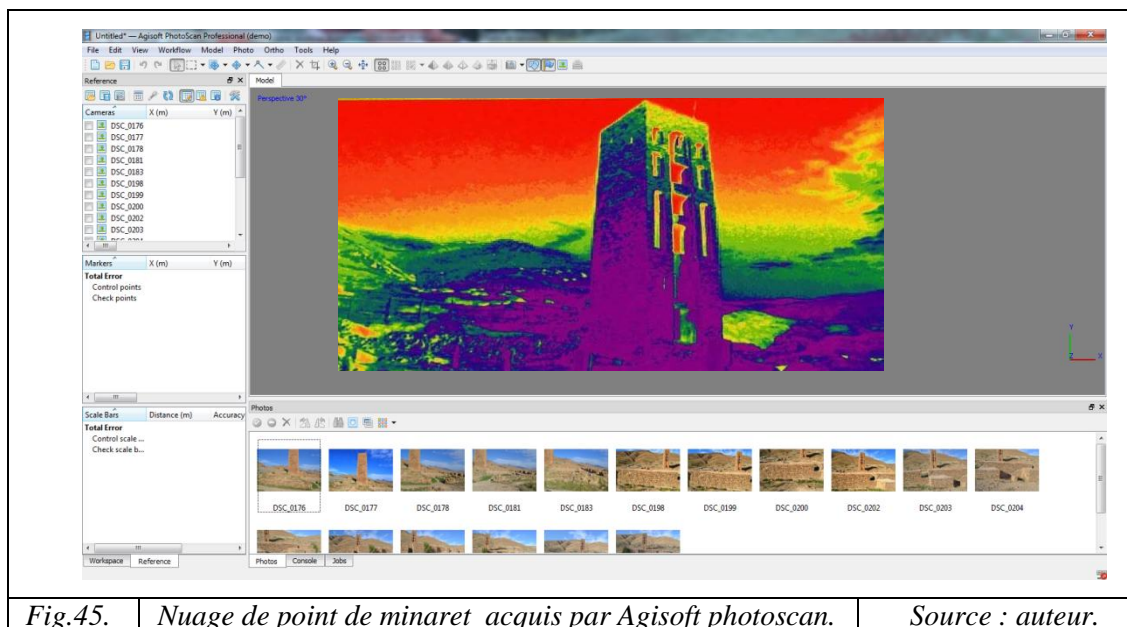
VI. Essai de restitution tridimensionnelle de la mosquée :

Nous avons opté dans notre restitution la photogrammétrie à cause de ses avantages majeurs ; la photomodélisation ne cesse de se développer avec l'évolution de la photographie. Ainsi, au plus la technologie se développe, au plus la photomodélisation devient accessible tout en gagnant en précision.

Un autre atout fondamental est que la photographie est déjà utilisée pour tout site archéologique ou vestige notable d'architecture et fournit une quantité d'informations supplémentaires telle que l'état actuel du site ou encore la préservation des matériaux. Si la méthode de photographie est bien entendu différente pour la photomodélisation, la technologie est déjà présente sur place et ne demande qu'à être utilisée.

L'utilisation de la photographie plutôt que le laser. Elle est bien plus facile et rapide de procéder par des prises d'images avec un appareil photo que par le placement d'un scanner et toute la phase de relevé qui en résulte. Ainsi, on obtient un facteur temps information acquise beaucoup plus intéressant avec la photomodélisation.

Parmi les outils de la photomodélisation on cite le « *Agi soft Photo Scan* » qui est un produit logiciel autonome qui effectue un traitement photogrammétrique d'images numériques et génère des données spatiales 3D



Dans nos essais nous avons passé par les étapes suivantes :

L'étape d'acquisition des données : nous avons pris un relevé photographique (une scène de photos avec la caméra numérique à différents angles), L'objectif de cette étape sera de relever la morphologie, les dimensions et les aspects de surface de la mosquée.



Fig.46.

Une scène de photographies de la mosquée.

Source : auteur.

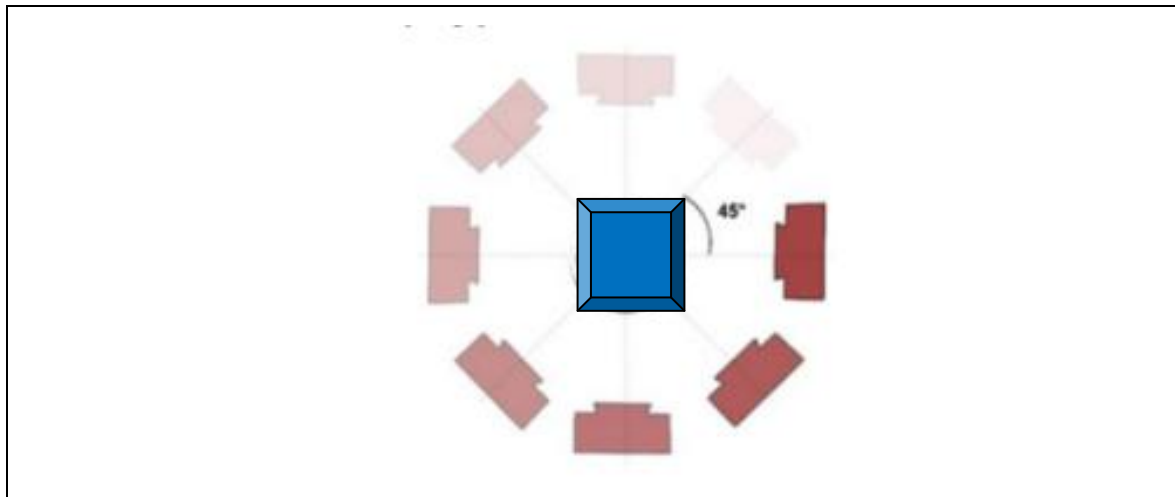
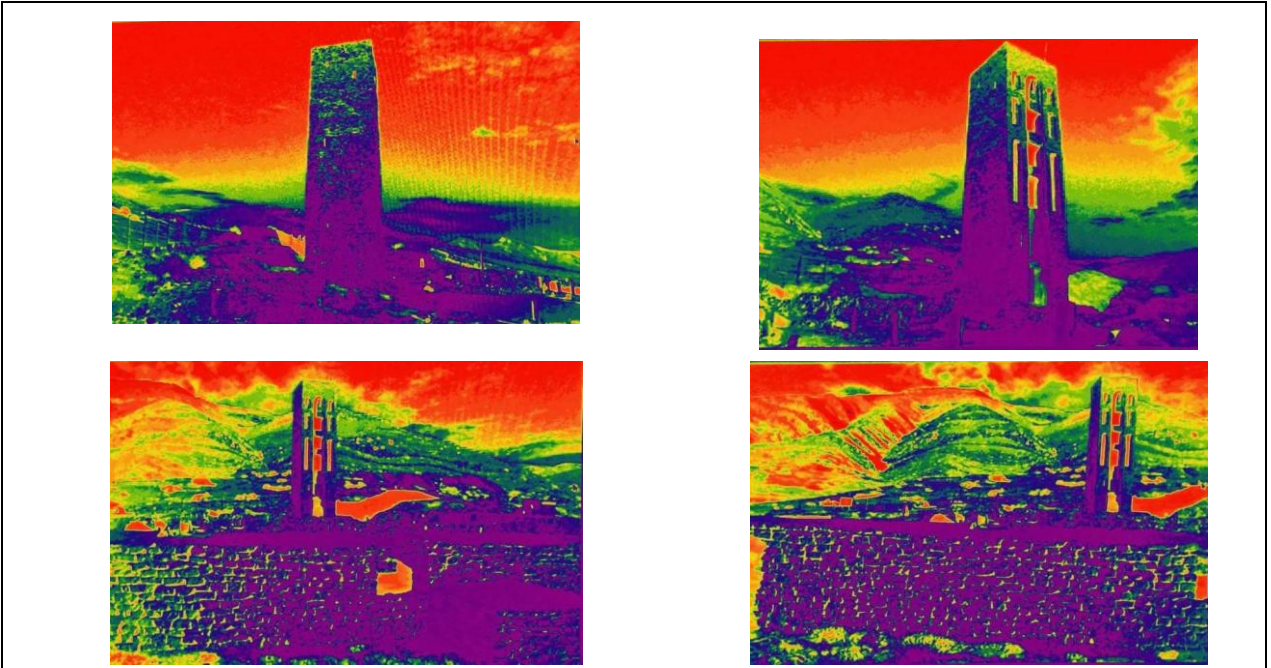


Fig.47.

Plan schématique de l'acquisition des données par photographies.

Source : auteur.

L'étape de restitution tridimensionnelle consiste à construire chaque élément géométrique de la scène en s'appuyant sur les mesures calculées à partir de la phase de relevé photographique. A partir des nuages de points, On peut construire une représentation tridimensionnelle reliant l'ensemble de ces points afin de restituer la géométrie des éléments photographiés. Une fois la géométrie modélisée, on obtient un modèle 3D classique que l'on pourra aisément ajuster par des opérations plus ou moins complexes propre à toute modélisation tridimensionnelle.



| | | |
|---------|--|-------------------------|
| Fig.48. | <i>Nuages de points acquis par photomodélisation-affichage des informations colorimétriques-</i> | <i>Source : auteur.</i> |
|---------|--|-------------------------|

Le principe est de retrouver l'état originel de l'élément relevé tel qu'il a été construit à la base. Il se réalise en intégrant les mesures effectuées depuis le modèle original sans la moindre extrapolation .La numérisation va permettre de retrouver les règles constructives à l'origine du modèle, afin de pouvoir modéliser une image de synthèse.



| | | |
|---------|--|------------------------|
| Fig.49. | <i>Restitution 3 D du mur de clôture et du minaret .</i> | <i>Source : auteur</i> |
|---------|--|------------------------|

-La modélisation de vestiges disparus Se faisant à partir de tout témoignage d'époque disponible, cette méthode est principalement utilisée pour imaginer des hypothèses puisqu'elle se base sur pas ou peu de vestige matériel.

Grâce aux données susmentionnées, nous lançons trois hypothèses de restitution de la mosquée:

Après une démarche scientifique. On produit un premier modèle 3D appelé version (V0) qui va permettre de confirmer ou d'infirmar les hypothèses de restitution, et aussi d'induire de nouvelles réflexions.

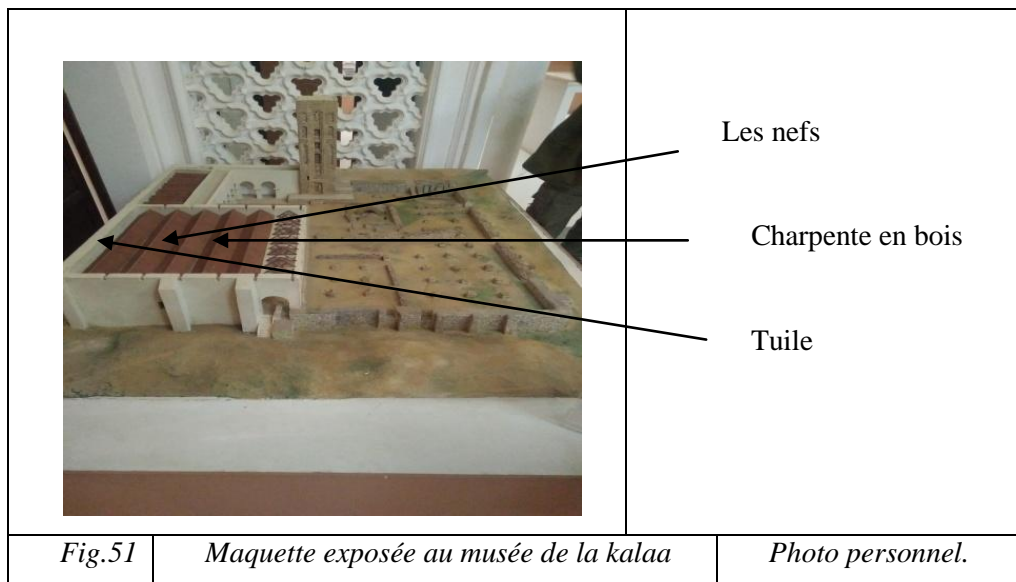
1. La version (V0) : l'édifice a connu plusieurs phases de construction. la salle de prière était divisé en treize nefs perpendiculaire au mur de la qibla ces nefs était séparés par des arcades, reposés sur des piliers celle du centre plus large que les autres mené au mihrab , de part et d'autre deux ouverture données l'une vers la salle ou rangé le minbar et l'autre vers les appartements de l'imam les nefs ouvrés par des baies sur la cour, le plan de la mosquée ouvre des ressemblances avec les grandes mosquées de Cordeau en Espagne et du Kairouan en Tunisie dont les quels retrouves des nefs perpendiculaires à la qibla la cour cernée des portiques de part et d'autre , la maqsura était réservée au souverain, une plusieurs nefs parallèles à celui-ci qui modifié l'axialité du monument engendrant un profil similaire aux édifices d' el-Mouaad comme la mosquée de al-Hassan à rabat et d'al-Mansour à Tlemcen.

la présence de certains fragments de tuile sur le sol de la mosquée, selon Golvin , nous pouvons reconstituer la toiture de la salle de prière avec de la charpente en bois couverte de tuile sur chaque nef , et c'est ce que l'on trouve dans la maquette du musée du la kalaa du de Bani Hammad ,et dont on ignore ses sources .



Fig.50 *Restitution de la mosquée (version V0).*

Photos personnels.



2. La version (V1) selon laquelle la toiture de la salle de prière était recouverte des voutes en berceau apparentes surmonté par un arc recti-curviligne, que était basé sur la reconstitution de l'UNESCO.

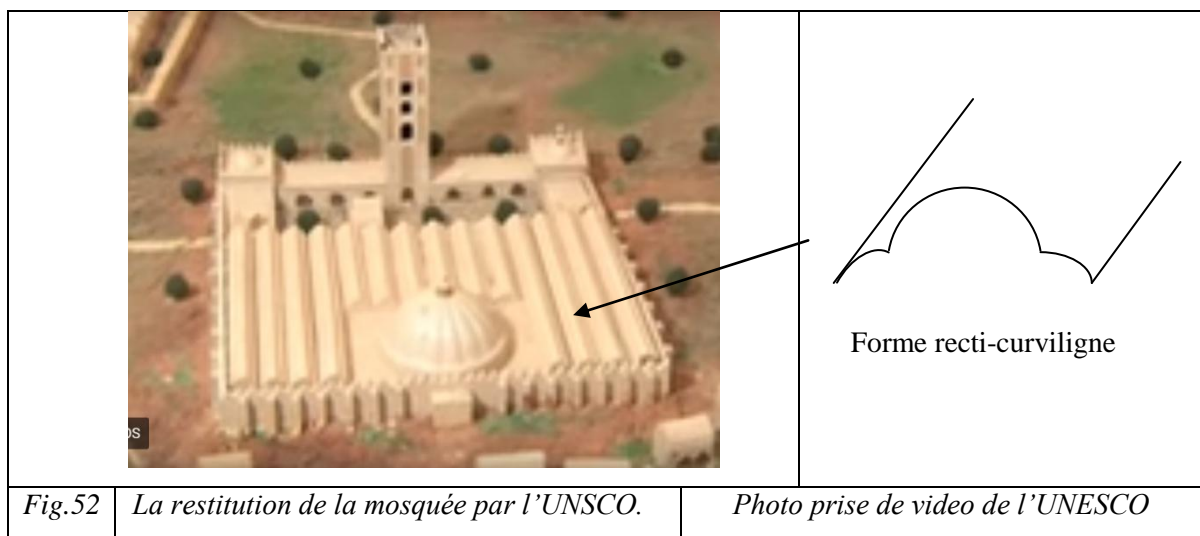




Fig.53

La restitution 3D de la mosquée (version V1)

Photos personnels.

3. Version (V2), d'après ce que nous avons vu dans les chapitres précédents, les influences orientales sur l'architecture des bâtiments de la Kalaa, nous constatons que tous les chercheurs ont remarqué des similitudes avec les mosquées de Kairouan et de Mahdia, à travers les arcs en plein cintre et les renforts aux murs, et l'utilisation des voûtes en berceaux pour couvrir les bâtiments, de dessus une dalle plane et entre eux un remplissage de pierre et de terre.



la Grande Mosquée de Mahdia



La mosquée de kairouan



Fig.54

Restitution 3D version (V2)

Photo personnel

En effet si les restitutions sont basées sur une étude longue et rigoureuse, on reste dans le domaine de l'interprétation et de la théorie subjective. Par exemple, on peut comparer les versions de restitution, Les points communs ont multiples tel que la clôture, les avant corps..etc., on se rend directement compte que les théories comportent toutefois de nombreuses différences tel la toiture de la salle de prière et le matériau de construction de la dalle . La véracité historique n'est pas aisée à cerner, mais les trois projets permettent toutefois de se faire une très bonne idée du contexte de l'époque.

CONCLUSION GENERALE :

« la Kalaa des Béni Hammad est surtout célèbre par ses monuments: son Donjon du Manar, sa Grande Mosquée, ses magnifiques palais, ses audacieux ouvrages d'art, auxquels s'ajoutent des objets d'une inestimable valeur mis au jour par les patients efforts des archéologues, qui font de cette cité au passé politique prestigieux, le site le plus attachant de l'Algérie médiévale. »²²

Elle occupe alors une place honorifique chez ses habitants et ceux de la wilaya de M'sila. De par sa situation stratégique sur les monts de la Hodna mais aussi du fait de sa forte symbolique historique et culturelle qu'ils en font puisqu'elle représente la capitale d'autrefois. En ayant été témoin d'une époque riche aussi bien sur le plan culturel que sur le plan architectural, civilisationnel et historique. Malheureusement, cette capitale n'est pas appréciée à sa juste valeur et n'a pas la place qui lui revient de mérite car son état actuel ne reflète pas la vraie image qui devrait lui être faite. à cause de l'oubli et le délaissement qu'elle vécut. Les fouilles déjà faites ont mis au jour trois prestigieux monuments à savoir ; la mosquée ; le palais du lac et palais et donjon du Manar ; malheureusement et de plus, les fouilles sont arrêtées, ce qui a été exhumé est dégradé, le tout est à l'abandon, et les aléas climatiques font ravage. Tous ces facteurs nous incitent à beaucoup penser à la sauver et de la prendre en charge dans le but de revaloriser cette « cité oubliée » dans un processus de durabilité.

²² Rachid BOUROUIBA : Les cités disparues, Ministère de l'information Alger 1979

BIBLIOGRAPHIE

1. George Marçais : La kalâa de beni hammad, Recueil des notices et mémoire de la société archéologique de Constantine, 1908.
2. George Marçais : Poterie et faillance de la kalâa beni hamamd, 1918.
3. Henri Saladin : Notes sur la kalâa beni hammad, bulletin archéologique, 1904
4. Huguette Fargier : La Qal'a des banu Hammad, Philibert Alger, 1975.
5. L. De beylie : Kalâa des Beni Hammad, une capitale berbère de l'Afrique du nord Xième siècle, Paris 1909.
6. L. Golvin : Le maghreb centrale à l'époque des zerides, 1957.
7. L. Golvin : Note sur quelques fragments de plâtre trouvé récemment dans la Qal'a des banu Hammad. Alger
8. L. Golvin : Recherche archéologique a la Qal'a des Banu Hammad. Paris.1965
9. P. Blanchet : La kalâa Beni Hammad , recueil des notices et mémoire de la société archéologique de Constantine, 1898.
10. PDAU Maadid
11. PPMVSA De La Kalaa de bani Hammad -3eme phase-.
12. R. Bourouiba : La Qal'a des Bani Hammade.
13. R. Bourouiba : Les cités disparues, art et culture, ministère de l'information, Alger.
14. R. Bourouiba : Les Hamadites, Alger 1984.
15. Rapport technique l'UNESCO : La Qal'a des Bani Hammad, fait par Arno Heinz, N° de série:FMR/CC/OPS176/142, Paris, 1976.

Sites internet :

1. <https://www.researchgate.net/publication/263948522> , La Qal`a des Banu Hammad Article (PDF),Janvier 2015.
2. <http://encyclopedieberbere.revues.org/1645> Hammadides, 2000.
3. <http://www.discoverislamicart.org/databasemonument.fr> Ali Lafer "Site de la Qalaa des Beni Hammad" dans Discover Islamic Art. Museum With No Frontiers, 2018.
4. Wikipedia,Qalaa des Beni Hammad
5. <https://www.flickr.com>
6. Google.maps
7. www.snv.jussieu.fr/enseignement/DOB/Biblio.html